

令和3年度製造基盤技術実態等調査 (空飛ぶクルマの実現に向けた技術開発及び制度整備に関する調査)

調査報告書

MRI 三菱総合研究所

2022年3月

フロンティア・テクノロジー本部

1.官民協議会及び官民協議会実務者会合の開催	5
2.「空の移動革命に向けたロードマップ」の改訂に向けた調査	10
2.1 欧米におけるロードマップ整備の動向調査	11
2.2 海外における技術開発及び社会実装の動向調査	38
2.3 国内における技術開発や社会実装動向の調査	48
2.4 ロードマップ改定案の検討	59
3.「大阪万博×空飛ぶクルマ実装タスクフォース」の開催	61

事業の目的と背景

事業の背景と目的(仕様書より)

- 経済産業省では、国土交通省等と協力し、日本における「空の活用」の拡大に向けて、「空飛ぶクルマ」の実現を目標に、官民の関係者が一堂に会する「空の移動革命に向けた官民協議会」(以下「官民協議会」という。)を2018年8月29日に設立し、同年12月20日に開催した官民協議会において「空の移動革命に向けたロードマップ」(以下、ロードマップという。)を取りまとめ、これに基づいて「実務者会合」や「ユースケース検討会」、「空飛ぶクルマの実現に向けた各ワーキンググループ」を設置して課題解決に取り組んできたところ。
- 「空の移動革命に向けたロードマップ」においては、2023年を目標に制度整備や機体開発を進めることとしているところ、2021年度においては、より具体的なユースケースに基づいた機体及び運航の安全基準、操縦者の技能証明基準などの制度整備の検討を進めるとともに、自動・自律飛行技術や多数機の運航管理技術などの中長期的な目線も踏まえてロードマップを改定する必要がある。
- 特に、2025年に予定されている大阪万博では「空飛ぶクルマ」が世界中から注目を浴びており、世界に向けて日本の「空の産業」における技術力やその活用の広まりをアピールする絶好の機会である。また、大阪万博等を通して、日本が「空飛ぶクルマ」の重要な市場であることを世界に発信することで、海外機体メーカーと日本企業との連携や、国産機体メーカーの海外進出などを後押しする。
- そのため、本事業を通して、「空飛ぶクルマ」に関する官民協議会及び実務者級の会合、万博協会等と連携したタスクフォースを運営することで、国・自治体・民間事業者それぞれの課題意識やそれに対する解決方法等を整理することで、官民が一体となった「空飛ぶクルマ」活用拡大に向けた議論を促進する。

事業実施の概要

事業実施の概要

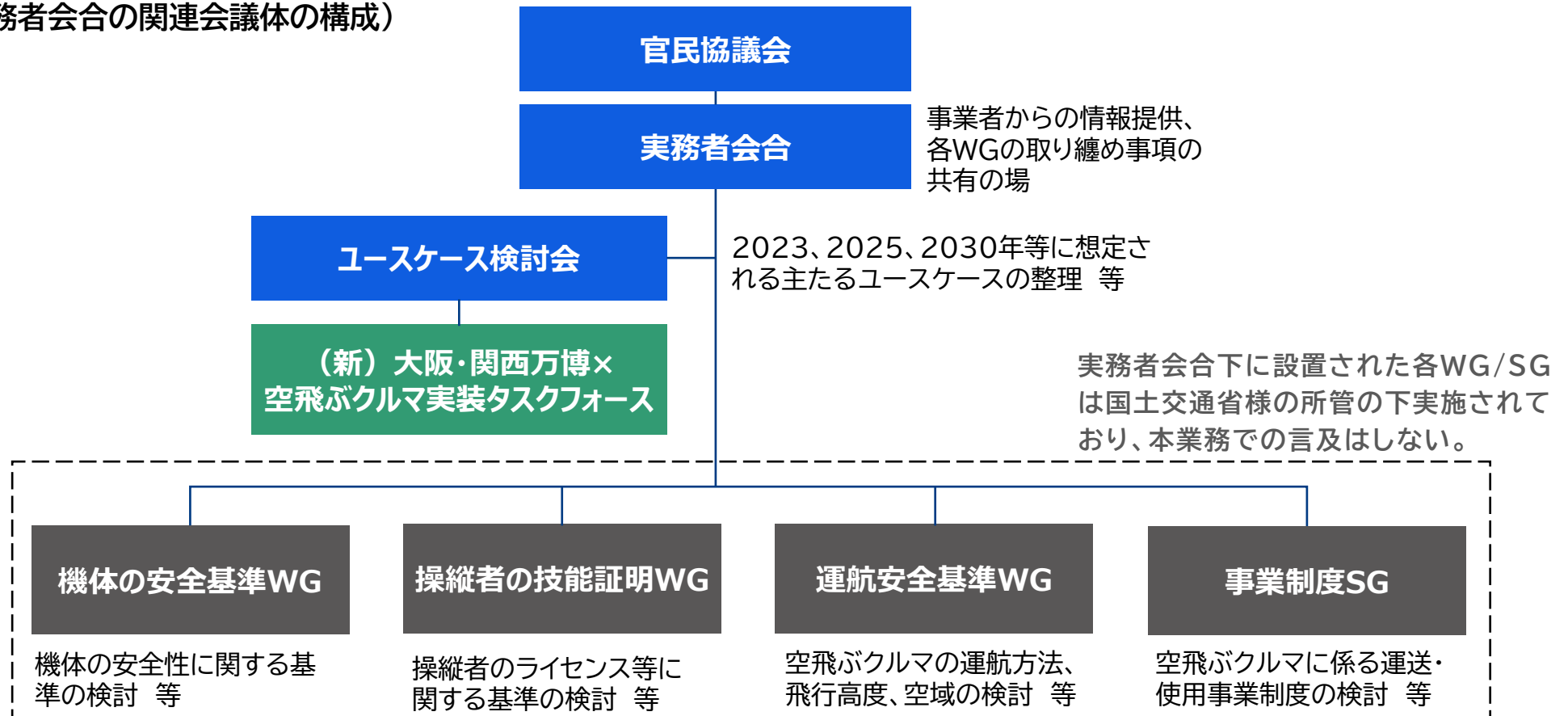
1. 官民協議会及び官民協議会実務者会合の開催
 - ✓ 「ロードマップ」に基づく技術開発及び制度整備の議論を進展させるため、令和3年度内に官民協議会及び官民協議会実務者会合（以下、実務者会合）、実務者会合の下に設置されたユースケース検討会を合わせて7回開催した。
 - ✓ この会合の開催に当たり、以下の事務を行った。
 - ・ 経済産業省、国土交通省及び参加者等との連絡調整
 - ・ 会合の議論に必要な資料の作成や議論結果の整理
 - ・ 活発な議論の促進や論点整理などの会合のファシリテートの実施
 - ・ 場所や設備の手配（WEB会議の手配）
 - ・ 議事次第、参加者名簿の作成及び関連資料の配布
 - ・ 議事録の作成 など
2. 「空の移動革命に向けたロードマップ」の改訂に向けた調査
 - ✓ 本年度は「空の移動革命に向けたロードマップ」の改定を目的とし、以下に示す内容を調査した。
 - ・ 欧米におけるロードマップ整備の動向調査
 - ・ 海外における技術開発及び社会実装の動向調査
 - ・ 国内における技術開発や社会実装動向の調査
 - ・ ロードマップ改定案の検討
 - ✓ 上記の課題整理結果や調査結果については、実務者級会合等において発表等を行った。
3. 「大阪万博×空飛ぶクルマ実装タスクフォース」の開催
 - ✓ 2025年日本国際博覧会協会におけるコンセプト、運営計画策定、必要な制度課題への対応に繋げるためのタスクフォースを5回程度開催した。1.に示す事務作業とともに、以下に示す論点について整理した。
 - ・ 大阪・関西万博における空飛ぶクルマユースケース整理
 - ・ 万博における運航ルール、ポート整備方針
 - ・ 制度課題、技術・運用課題等の整理
4. 調査報告書の作成
 - ✓ 上記1.～3.での実施内容及び調査内容を本報告書に取りまとめた。

1. 官民協議会及び官民協議会実務者会合の開催

官民協議会及び官民協議会実務者会合の概要

- 経済産業省と国土交通省が合同で主催している「空の移動革命に向けた官民協議会」令和2年8月に官・民の実務者レベルで構成される議論の場としての実務者会合を設置すると共に、2023、2025、2030年等に想定される主たるユースケースの整理を行う「ユースケース検討会」が設置されている。

(実務者会合の関連会議体の構成)



官民協議会及び官民協議会実務者会合の実施状況

- 官民協議会及び実務者会合の実施状況は以下の通り。

会議体	回次	日時	主な議題
官民協議会	第8回	2022年3月18日(金) 10:00~12:00	(1)主催挨拶 経済産業省製造産業局 (2)2021年度の実務者会合の検討状況について ・ ユースケース検討会 ・ 大阪・関西万博×空飛ぶクルマ実装TF ・ 各WG・SG ・ ロードマップ改定案について ・ 次年度の取組について (3)新規構成員によるプレゼンテーション (4)全体質疑 (5)閉会挨拶 国土交通省航空局安全部
実務者会合	第3回	2022年3月9日(水) 10:00~12:00	(1)主催挨拶 ・ 経済産業省製造産業局 ・ 国土交通省航空局 (2)2021年度の実務者会合の検討状況について ・ ユースケース検討会 ・ 大阪・関西万博×空飛ぶクルマ実装TF ・ 各WG・SG ・ ロードマップ改定案について (3)新規構成員のご紹介 (4)次年度の官民協議会について (5)自由討議

官民協議会及び官民協議会実務者会合の実施状況

- 官民協議会実務者会合の下設置されたユースケース検討会の実施状況は以下の通り

会議体	回次	日時	主な議題
ユースケース検討会	第6回	2021年8月12日(木) 13:30~16:00	(1)検討の進め方 (2)目指すべき絵姿と中長期的な実装の流れについての海外動向 (3)社会受容性の観点から見た空飛ぶクルマ実装の流れと必要な取組 (4)議論 ・ 検討の進め方について ・ 社会受容性に関する検討事項について
	第7回	2021年9月15日(水) 13:00~16:00	(1)目指すべき絵姿と中長期的な実装の流れについ (2)議論 ・ 目指すべき絵姿について ・ 中長期的な実装の流れ(実現イメージ)について ・ 中長期的な実装の流れ(整理項目)について ・ 中長期的な実装の流れ(運航形態や離発着場、周辺ビジネスへの波及等)について ・ 今後深掘すべき論点について
	第8回	2021年11月10日(水) 9:30~12:00	(1)目指すべき絵姿と中長期的な実装の流れについて ・ 目指すべき絵姿と中長期的な実装の流れ ・ 空飛ぶクルマの運航規模、市場規模 (2)離着陸場に関する課題について (3)議論
	第9回	2021年12月8日(水) 13:00~16:00	(1)目指すべき絵姿と中長期的な実装の流れについて (2)NEDO事業「空飛ぶクルマの先導調査研究」の取組みについて (3)空の移動革命に向けたロードマップ改訂について (4)議論
	第10回	2022年1月28日(金) 9:30~12:00	(1)空の移動革命に向けたロードマップ改訂について (2)議論

官民協議会及び官民協議会実務者会合実施に係る事務作業

各会合の開催に当たり、以下の①～⑥の事務を実施した。

- ① 経済産業省、国土交通省及び参加者等との連絡調整
- ② WEB会議の手配
- ③ 議事次第、参加者名簿等の作成
- ④ 会議資料の作成・配布
- ⑤ 会議のファシリテート
- ⑥ 議事録の作成

各会合の配布資料及び議事録については、別添資料として添付する。

2. 「空の移動革命に向けたロードマップ」の改訂に向けた調査

2.1 欧米におけるロードマップ整備の動向調査

本節では、欧米の規制当局（FAA、EASA）での空飛ぶクルマに係る制度化方針及び個別論点ごとの制度整備状況を調査すると共に、欧米で発行済みのConOpsを調査し、短期及び中長期的な空飛ぶクルマの展開イメージを調査した。

- 米国の動向調査

- 米国の制度化方針及び個別論点ごとの制度整備状況
- NASAより発行されているConOpsの調査結果

- 欧州の動向調査

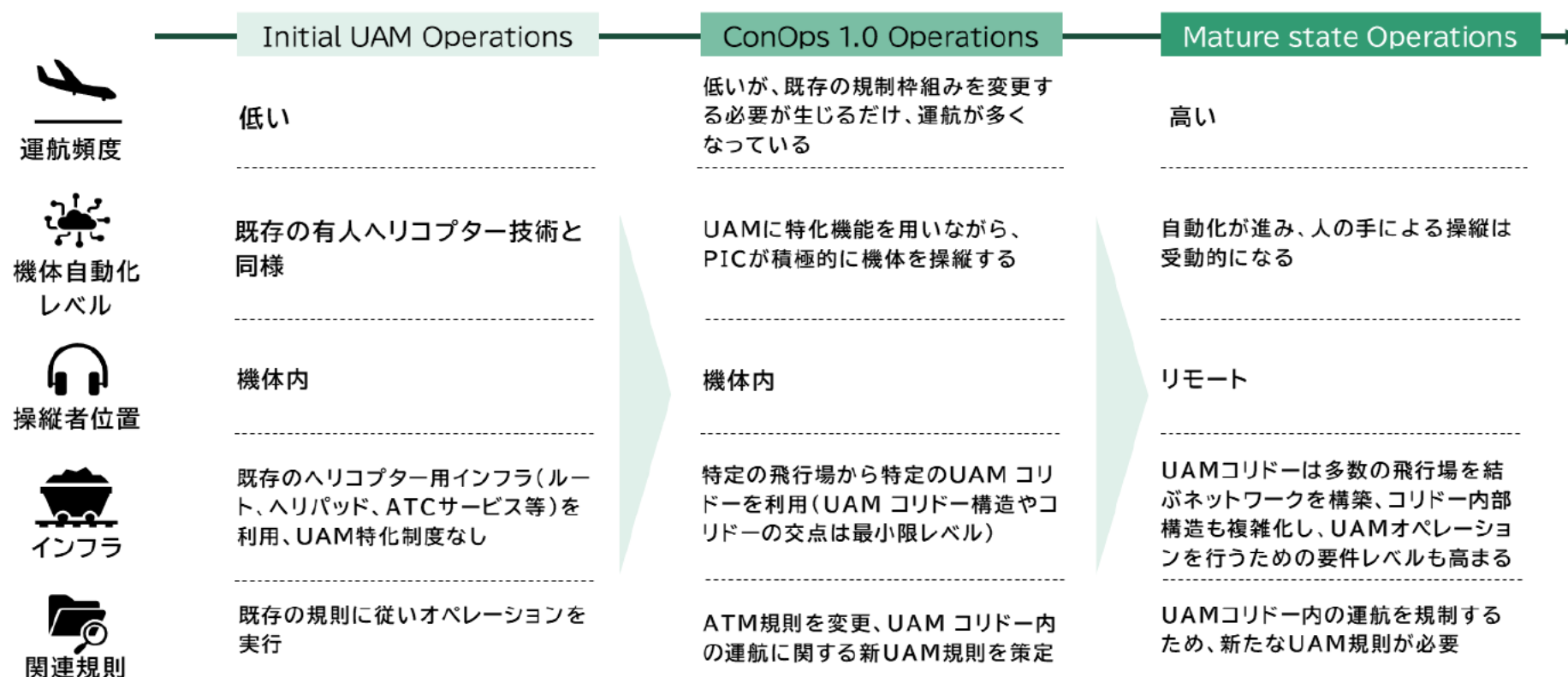
- 欧州の制度化方針及び個別論点ごとの制度整備状況
- SESARより発行されているConOpsの調査結果

米国の動向調査

米国における空飛ぶクルマの制度化方針

- 2020年6月に米FAAより発表された、Urban Air Mobility (UAM) Concept of Operation (ConOps) v1.0において、人や荷物を輸送するeVTOL等のUAMは、将来的に**UAMコリドー**を利用して**運航管理を行う方向性**が発表された。
- 上記は段階的なステップを踏んで実現することとされ、**初期段階においては、まずは既存の航空交通インフラ(ATMや空港・ヘリポート等)を利用して運航管理ルールの範疇内でUAMオペレーションを行う想定**がなされている。

(UAMの今後の展開イメージ)



米国における個別論点ごとの制度整備状況及び今後の整備方針

米国では、FAAより発行されたConOpsでの制度化方針も踏まえ、eVTOLを含むUAMの社会実装に向けては、まずは既存の航空関連法規則の枠組みの中で実施できる運航から開始し、高度な運航に適用可能な新規法令を順次整備していく方針を示している。

現状の整備状況

今後の整備方針

機体の安全性

- 現在、14 CFR Part 21.17(a) もしくはPart 21.17 (b)の適用を前提に、申請機体に対して個別審査がなされている状況。
- 多くの申請機体に14 CFR Part 21.17(a)が適用され、特に固定翼機の型式証明基準である14 CFR Part 23 の改正版(14 CFR Part 23 amendment 64)の適用されるケースが多数。

- FAA内部において、将来的にeVTOL機体の認証手順として21.17(a)及び(b)のどちらを適用するか議論が継続中。

操縦者の技能証明

- 現在、eVTOL機体専用の操縦者ライセンスは存在しない。
- 既存の飛行機又は回転翼機の事業用ライセンス保有者に対して、eVTOL機の操縦のための訓練プログラムを受けた場合、型式限定を付与するなどの経過措置を取ることで対処する方針。

- eVTOL機体の型式限定付与のための訓練プログラムの策定が進められると共に、eVTOL機体専用の操縦者ライセンスに係る基準策定が進められる予定。

運航管理

- 現在、運航初期段階では、既存のヘリコプター用インフラ(ルート、ヘリパッド、規則、ATCサービス等)を利用することを想定。(※FAA UAM ConOps v1.0にて基本的な考え方が示された。)
- 具体的には、既存法令である14 CFR Part 71及び73(空域利用の要件)、91(運用及び飛行の一般規則)の適用を想定。

- UAM専用の空域利用に係る制度が整備され、UAMコリドー内部を飛行するための要件や既存航空機システムとの分離に係る要件が策定される予定。(※2022年にてFAA UAM ConOps v2.0が発行予定であり、UAMコリドーに関するより詳細な方針が示されることが想定される。)

離発着場

- 現在、運航初期段階では、2022年6月正式発効予定のEngineering Brief “Vertiport design”を参考に、主に各州の運輸省にてVertiportの認定がなされることを想定。
- FAAはNREL(National Renewable Energy Laboratory)と共同でVertiportの充電/給電インフラに係る調査を実施中。

- 2024年9月を目標に様々な形態のVTOL機体に対応可能なVertiport Advisory Circularを策定予定。
- 今後、EB “Vertiport design”の適用可能性について、モデル化/シミュレーションを利用したケーススタディを実施予定。

運送・使用事業

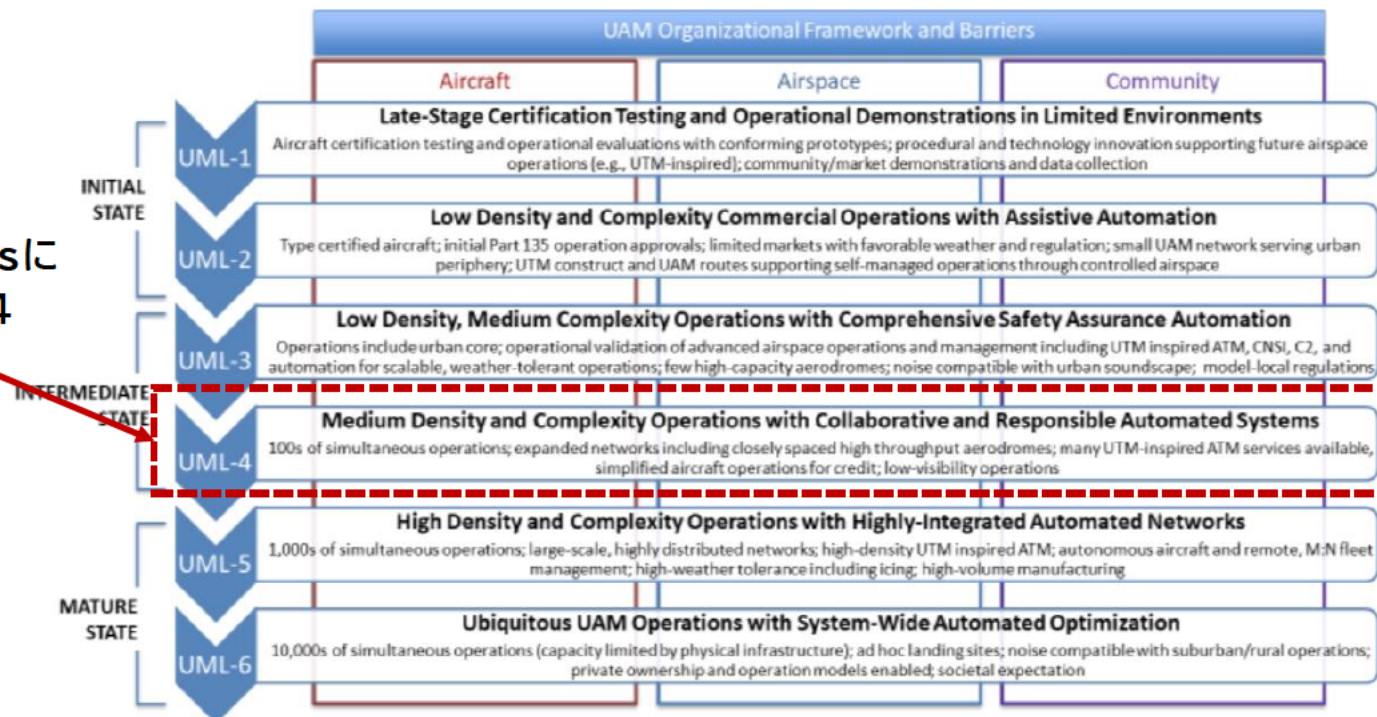
- 現在、既存法令である14 CFR Part 135(航空機使用事業・航空機輸送事業の要件)にもとづいて、個別審査がなされている状況。

- eVTOL運航事業者向けに特化した制度整備がなされる予定は現時点で示されていないものの、今後、将来的な運航の高密度化や自動・自律化を考慮した制度整備がなされると思料。

NASA UAM Vision ConOps v1.0の概要

- 2020年12月、NASAはUAM Maturity Levels(UMLs)の枠組みの中で数百のUAMが同時飛行するような中密度及び中程度の複雑性が実現された将来のある時点における運用コンセプトを示した” UAM Vision ConOps v1.0”が発行された。
- FAAによるConOpsにて示されるUAMコリドーよりも柔軟な空域を提案しており、高レベルなUAM運用を実現するための空域の設計、管理、機体開発、運航、コミュニティ統合など、5つの「柱」とそれぞれに関連する課題の広範なリストを提示している。

NASA Conopsに
対応するUML-4



UML-4におけるUAM運航の前提条件

- 本Conopsでは以下に示す仮定にもとづいて、運用コンセプトが議論されている。
 - UAMの運用や関連する**法規則及び法執行のための体制**などがUML-4に対応して確立されている状況。
 - UAMが安全かつ容易に利用でき、大都市圏で一般市民が利用できる**手頃な価格**であるが、UAM運航はまだ**完全には自律していない状況**。
 - ある都市圏にてUML-1～ UML-3は既の実現されている状況であり、**異なる都市圏では必ずしも同一のUMLが実現されている必要はない**。
 - UML-4でのUAM運航は従来の人間が操作するATC(Air Traffic Control)の能力の範疇を超えると想定され、同運航は**FAAが設定した規則の下でATM(Air Traffic Manage)サービスを提供するPSU(Providers of Services to UAM)**のネットワークを利用している状況。
 - ※FAAはUAMの管理に積極的な運用上の役割を果たさないことを想定
 - 広範囲の**気象条件**にて安全なUAM運航を可能とするために、空域の少なくとも一部で**修正または全く新しい飛行規則に基づいて運航**されることを想定。
 - UAMの通常運航が**”UAM Aerodrome”**と呼ばれる離着陸場から**開始・終了**することを想定している。なお、数か所のUAM飛行場はUAMのために特別に建設されている状況。
 - 本Conopsはある将来の一時点における一般的なビジョン、UML-4に必要な高レベルな要件を示すために設計されており、**UML-4に到達するための特定の行動指針を提案または規定するものではない**。

UML-4におけるUAMの空域利用(1/4)

- UML-4において、UAMはUOE(UAM Operating Environment、下記図中で黄色でハッチされた範囲)にもとづいて運航されるが、**その範囲は静的な範囲と動的な範囲に区分される。**
 - UOEの静的な範囲は各都市圏ごとに設定されており、都市部や大都市圏の地形(建物の高さなど)、その地域の管制空域の配置(隣接するクラスB空域の位置や高度など)、地域の地理的条件、UAMの需要の高い地域、対象となる都市圏独自の空域特性(制限区域など)に依存する。
 - UOEが柔軟に変更する範囲として、近隣の主要空港の運航パターンが変化する場合などがあげられ、場所によっては1日に数回程度の変更が行われ、当該変更はPSUネットワークを通じて共有される。
- **UAMはUOEの内外を問わず飛行可能**であるが、UOEの外を飛行する場合、飛行する空域で満たすべき要件に従う必要がある。また、**UAM以外の航空機**もPSUとの接続により、UOE内の要件を遵守することが可能であれば、**UOE内を飛行することが可能である。**

Figure 2: Isometric Operational View of a Representative UOE



地上のUAM Aerodrome周辺でUSSと接する場合の運航についても想定されている。

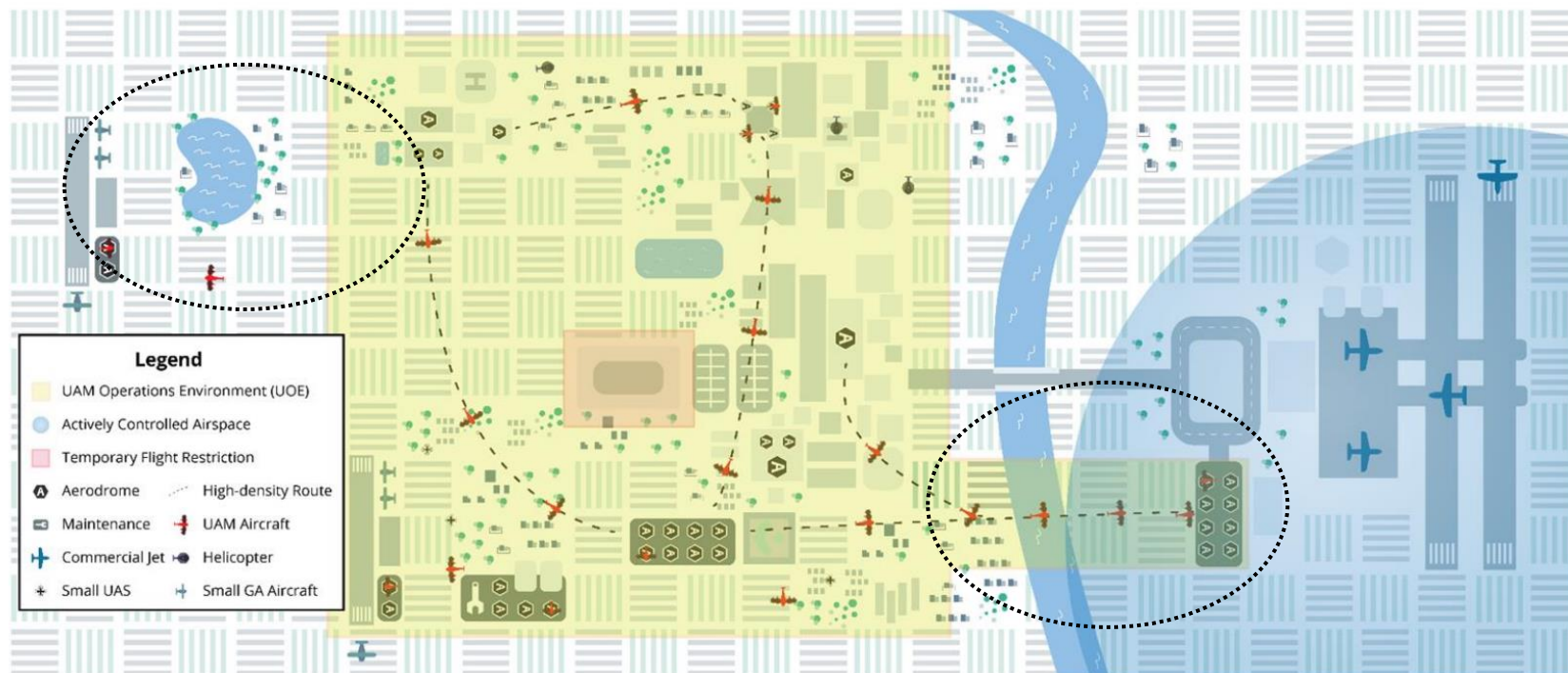
ATCにて管理される空域と接する場合の運航についても想定されている。

出所) NASA UAM Vision ConOps v1.0

<https://www.nasa.gov/aeroresearch/uam-vision-conops-uml-4> (閲覧日: 2022年3月28日)

UML-4におけるUAMの空域利用(2/4)

- 都市圏、主要空港、郊外の小都市におけるUML-4段階でのUAM運航のコンセプトが整理されている。
 - UOE内での通常運航として、都市内に複数箇所設置されたUAM Aerodrome間の運航が想定されている。
 - 空港付近では、ATCにて管制された空域と合流する可能性があるが、民間航空機の離発着通路を侵害せず、PSUによる交通管理サービスを通じて当該空域に進入できるようになっている。
 - すべてのUAM飛行が高密度な都市圏で行われるわけではなく、航空機がその空域の要件を満たしている限り、UOEの外でも飛行は可能である。

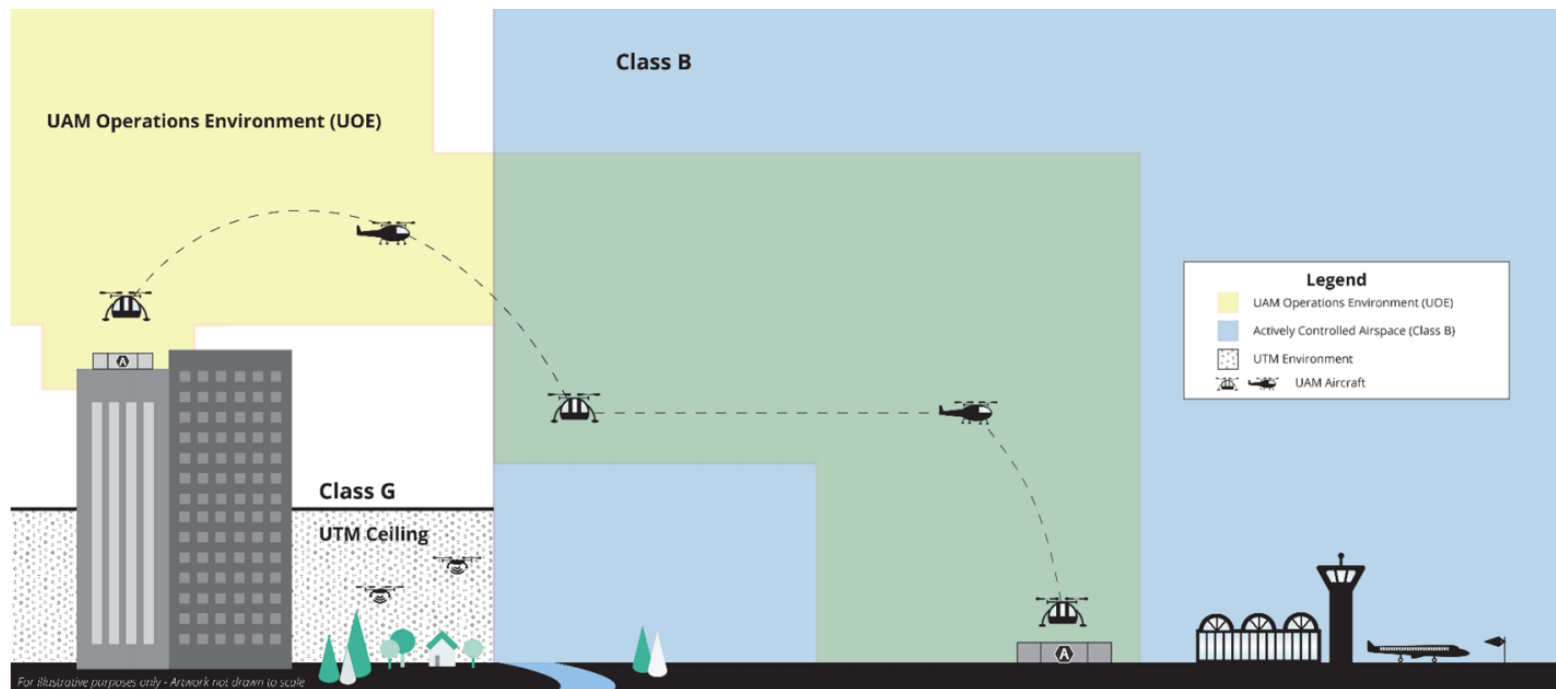


出所) NASA UAM Vision ConOps v1.0

<https://www.nasa.gov/aeroresearch/uam-vision-conops-uml-4> (閲覧日: 2022年3月28日)

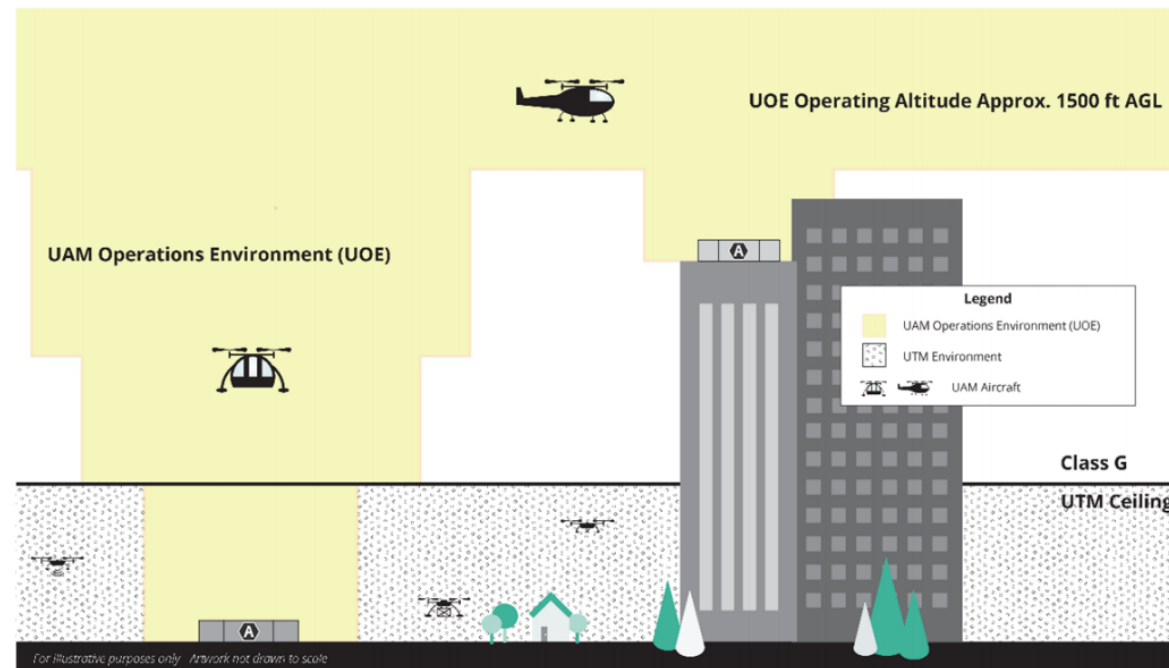
UML-4におけるUAMの空域利用(3/4)

- UML-4におけるUAM運航では、空港と併設されている”UAM Aerodrome”に到達するために空域(クラスB、C、D)に進入する可能性があり、当該進入に係る運航イメージが示されている。
 - Class B内部におかれたUAM Aerodromeへ/からの離発着は、民間航空機の離発着の妨げにならないように設計されなければならない。
 - 通常運航においてUAMはPSUから交通管理サービスを受けるが、(通常とは異なる状況下で)ATCと通信できるよう適切に通信設備を装備していなければならない。
 - UML-4においてはUOEとUTMは積極的に情報の交換は行わない想定である。



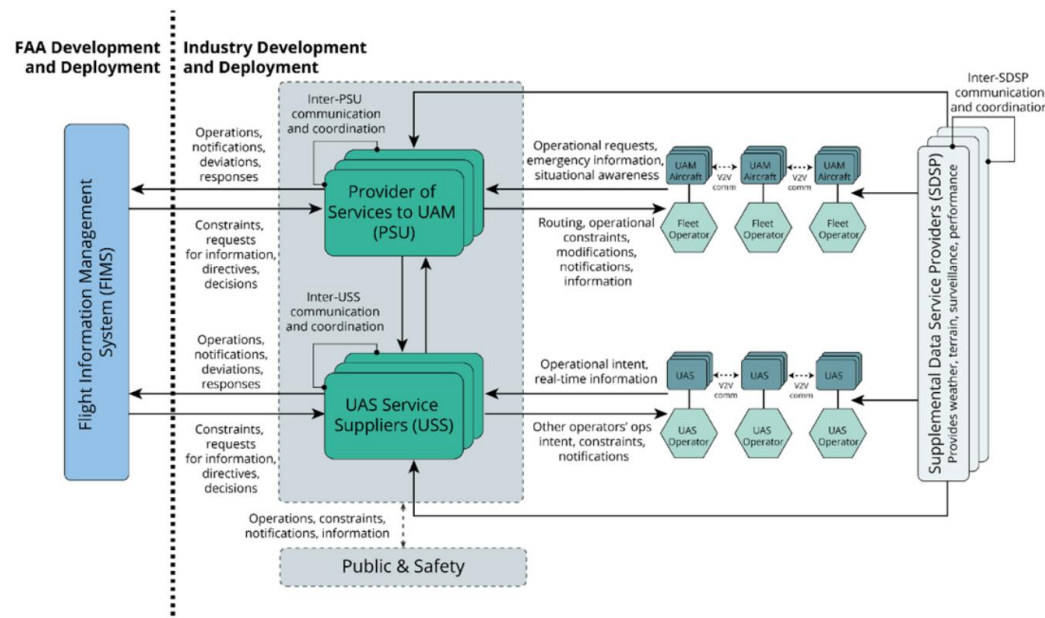
UML-4におけるUAMの空域利用(4/4)

- UML-4におけるUAM運航では、地上付近でUOEとUTM環境が近接する可能性があり、近接時における運航イメージが示されている。
 - UTM環境でのsUAS運用からUAM運用を保護するため、地上付近のUOEではUAM Aerodromeを囲むように「逆釣り鐘型」のような形状が想定される。
 - UOEとUTM環境が接する部分において、sUASは関係するUSSがPSUネットワークと連携する場合にのみ進入が許可される。
 - 高高度に位置するUAM飛行場(建物の上など)でも「逆釣り鐘型」のUOEが存在する可能性があるが、UTM環境と近接する可能性が低いため地上付近ほど顕著にはならないことが想定される。



UML-4におけるステークホルダーとその役割(1/2)

- UML-4での運航実現にあたっては、Provider of service to UAM (PSU)を中心として様々なステークホルダーが重要な役割を持ち、必要に応じて情報を交換しながら、安全かつ効率的なUAM運航を実現することが示されている。
 - UAM運航におけるATM機能はUAM運航者に代わって第三者によって運営するPSUが実行するが、これらのサービスはFAAが制定した規則に従うことが想定される。
 - PSUはUAM運航者、USS、FAAなどの間で情報(運航意図や空域の制約、その他安全運航に必要な情報)を共有・交換することで、UOEにおける安全かつ動的な運航環境を提供する。
 - FAAは、UOEの運用情報に必要に応じてアクセス可能であり、安全性や運用上の要求(緊急事態、スポーツイベント、軍事行動など)にもとづいて、UOEを動的に変更することが可能である。



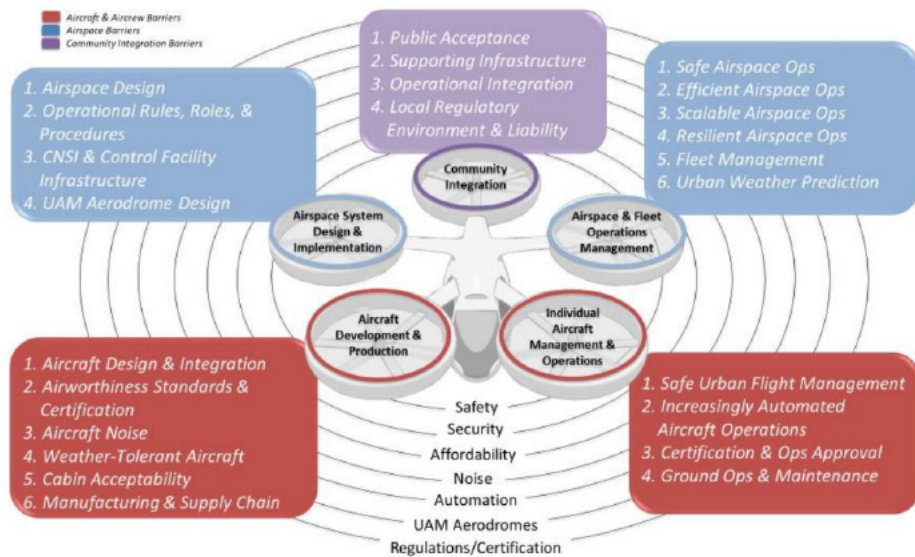
UML-4におけるステークホルダーとその役割(2/2)

- 本ConOpsでは、UML-4時点におけるUAM運航に係る主なステークホルダーの具体的な役割が整理されている。ステークホルダーの主な役割を示す。

ステークホルダー	主な役割
Federal Aviation Administration (FAA)	• NASにおける民間航空機の運航を規制・監督する。 • UAM運用のための規制と運用の枠組みを提供する。 • 一時的な飛行制限などの空域制約を定義し、情報をPSUネットワークに提供する。 • PSUネットワークへの情報提供を行う。 • FIMSの運用を行う。
Fleet Operator	• 自社の管理下にある航空機の運航を管理し、各フライトを安全に実施する責任を負う。 • 規制要件の充足、フライトの計画・実行、運航意図情報の共有、安全な運航の実施に責任を持つ。
Supplemental Data Service Provider (SDSP)	• 天候や追加の交通情報など、フライトオペレーションを補完する情報(安全上重要でないデータ)の提供を行う。
Provider of Services to UAM (PSU)	• ステークホルダーに共通の運航状況といった状況認識を提供するためのデータ交換プラットフォームを提供する。 • 運航計画、UAM機体間のデコンフリクション、適合性の監視、緊急時の情報発信などを支援する。
PSU Network	• 同一地域・同一空域にサービスを提供する複数の重複するPSU同士が完全に統合されたシステムを指す。 • 交通管理サービスを提供し、安全な情報交換のためのフレームワークを提供し、飛行計画(飛行経路など)を支援する。

UML-4実現するために重要な5つの柱

- 本ConOpsでは、UML-4における高度な運航を実現するために考慮すべき重要な観点(本ConOpsでは5つの柱 (pillars)と表現されている)が示されている。
- 本ConOpsにて言及されている5つの柱に係る詳細な議論はそれぞれ”AAM Ecosystem Working Groups”にて検討されており、NASA、FAAだけでなく民間企業や学術機関からの幅広い意見を取り入れながら社会実装に向けて議論が進められている。



①Airspace System Design and Implementation

大都市圏とその周辺で安全で効率的、公平で信頼性の高いUAM運航を可能にする空域構造とそれらを支える地上インフラを設計、規制、管理する。

②Airspace and Fleet Operations Management

大都市圏およびその周辺での安全性、効率性、拡張性、再現性に優れたUAM運航を可能にする空域運用管理サービスおよび機体運用管理サービスを提供する。

③Individual Aircraft Management and Operations

大都市圏周辺でのUAMの安全な運航と、求められる運用規則および手順への準拠を維持する。

④Aircraft Development and Production

すべての気象条件で安全に運航し、乗客の快適性と十分に低いレベルの騒音を備えた、耐空性のあるUAMを設計、認証、製造する。

⑤Community Integration

UAMに関連する社会的懸念※に対処することで、大都市圏およびその周辺でのUAMの運用が一般に受け入れられ、コミュニティに統合されるようにする。

出所) NASA UAM Vision ConOps v1.0
<https://www.nasa.gov/aeroresearch/uam-vision-conops-uml-4> (閲覧日: 2022年3月28日)

※本ConOpsでは安全性、セキュリティ、手頃な価格、騒音、プライバシー、排出ガス、規制遵守、法的責任などがあげられている。

UML-4実現するために解決すべき課題(1/8)

- 本ConOpsでは、5つの柱それぞれに対してUML-4における高度な運航を実現する上で解決すべき課題が示されている。各論点ごとの課題を示す。

1 Airspace System Design and Implementationに対する課題

Airspace Design (空域設計における課題)

多様なミッションや航空機タイプ(操縦、半自律/自律、VTOL、STOL、sUASを含む)間の相互運用性、騒音やプライバシーなどの地域社会の懸念を最小化するUAM飛行場の配置、地域社会に対する環境保護(騒音やCO2排出を含む)の課題。

Operational Rules, Roles & Procedures(運用規則、役割、手順における課題)

安全で効率的かつ、都市環境に配慮し、柔軟な運用性や相互運用性を備えた、天候に左右されないUAM利用を可能にする運用ルール、ステークホルダーの役割分担、手順、空域管理のコンセプトを開発における課題。

CNSI & Control Facility Infrastructure(CNSIインフラと制御施設のインフラにおける課題)

経済的に実行可能な方法で、安全かつ堅牢なCNSIインフラと制御施設のインフラを開発し、導入する課題。(これには、スペクトル効率の高い通信リンク、全地球測位システム(GPS)に限定されない位置情報サービス、地上付近の高解像度の気象監視などが含まれる。)

UAM Aerodrome Design("UAM Aerodrome"の設計における課題)

不測の事態への安全な対応、騒音の最小化、設計ガイドラインや基準構築など、予想されるUAM運航数を実現するための最適な"UAM Aerodrome"の設計と手順に関するガイドラインを策定する課題。

UML-4実現するために解決すべき課題(2/8)

- 本ConOpsでは、5つの柱それぞれに対してUML-4における高度な運航を実現する上で解決すべき課題が示されている。各論点ごとの課題を示す。

2 Airspace and Fleet Operations Managementに対する課題(1/2)

Safe Airspace Operations(安全な空域利用における課題)

都市環境において、安全かつ持続的な複数機の近接運用を可能にし、多様なミッションやUAM種別間の相互運用を可能にする空域運用の管理システムとそれらに関連する規制の開発と実装における課題。

Efficient Airspace Operations(効率的な空域利用における課題)

UAM利用者が希望する経路を提供すると同時に、多様なミッションや様々なUAM種別に対して、公平で予測可能なオンデマンドの空域アクセスを可能にする空域運用の管理システムの開発と実装における課題。

Scalable Airspace Operations(柔軟な空域利用における課題)

現在よりもより高密度な航空運航を可能にするための、柔軟な空域運用管理システムの開発と実装における課題。

Resilient Airspace Operations(堅牢な空域利用における課題)

位置情報・他UAMの飛行情報・CNSI・気象情報の喪失、UAM Aerodromeに関する問題、サイバー攻撃など、UAMサービスの意図していない中断に対応して、UAMオペレーションのグレースフルデグラデーション※を可能にする空域運用の管理システムの開発と実装における課題。

※グレースフルデグラデーションとはアプリケーション開発用語であり、新しいブラウザを基準に開発されたWebサイトやアプリケーションに対して、古いブラウザでも最低限の機能だけ動作するよう設計・実装する開発手法である。

UML-4実現するために解決すべき課題(3/8)

- 本ConOpsでは、5つの柱それぞれに対してUML-4における高度な運航を実現する上で解決すべき課題が示されている。各論点ごとの課題を示す。

2 Airspace and Fleet Operations Managementに対する課題 (2/2)

Fleet Management (フリートマネジメントにおける課題)

UAMネットワーク全体で安全な航行を確保し、UAMの運航を効率的に処理するとともに、不測の事態でもミッションの要求を満たし、航空機の排出物(騒音やCO2を含む)が地域社会に与える影響を最小限に抑えることが可能な、柔軟かつ安全で、手頃な価格のフリートマネジメントの課題。

Urban Weather Prediction(都市の気象予測における課題)

UAMの安全な運用を実現するために、地上までの超局所的な状況を短時間で把握するための高い空間的・時間的分解能の気象予測の課題。

UML-4実現するために解決すべき課題(4/8)

- 本ConOpsでは、5つの柱それぞれに対してUML-4における高度な運航を実現する上で解決すべき課題が示されている。各論点ごとの課題を示す。

3 Individual Aircraft Management and Operationsに対する課題

Safe Urban Flight Management(都市での安全な飛行管理における課題)

大都市圏での安全で効率的かつ円滑な飛行計画と実行における課題。(極めて視界の悪い都市環境における航法性能、安全な危機管理(サイバー攻撃を含む)のための制御された飛行の確保、騒音などの規制への対応が含まれる。)

Increasingly Automated Aircraft Operations(自動化されたUAM運用における課題)

高度に自動化された機能とそれら運用手順を開発し、費用対効果の高い拡張性を実現するための課題。(UAMの運用を人間のオペレーターやサポートスタッフに任せる割合を増やすことが含まれる)

Certification & Operations Approval(認証及び運用承認における課題)

UAMの高度な自動化、操作の認証のためのフレームワークと適合手法(MOC)の開発、および都市圏におけるUAMの商業利用のための規制と承認プロセスにおける課題。

Ground Operations & Maintenance(地上運用及びメンテナンスにおける課題)

UAM飛行場の設計と運用に関する考慮事項を含む、安全で効率的なメンテナンスとフライト間のUAM機体の取り扱いを明確化するための手順と要件における課題。

UML-4実現するために解決すべき課題(5/8)

- 本ConOpsでは、5つの柱それぞれに対してUML-4における高度な運航を実現する上で解決すべき課題が示されている。各論点ごとの課題を示す。

4 Aircraft Development and Productionに対する課題(1/2)

Aircraft Design & Integration(航空機的设计と統合における課題)

UAM飛行場に対応しており、安全性・運用面・経済面で競合するその他の輸送手段との競争力、環境への配慮、サイバー攻撃からの安全性など、すべての要求特性を同時に満たす”mission-capable”なUAM機体の開発における課題。

Airworthiness Standards & Certification (耐空性標準及び認証における課題)

日進月歩で進化するUAM機体の初期および継続的な認証を、効率よく実施することにおける課題。(UAM機体や推進システムの認証要件および適合手段(MOC)の開発、ならびに国際的な法規制や標準化動向との調和を確保することが含まれる。)

Aircraft Noise(機体の騒音における課題)

離陸・発進、接近・着陸、巡航など、飛行中のすべての段階で許容できる騒音特性を備えた航空機の開発における課題。

Weather-Tolerant Aircrafts(あらゆる気象状態への耐性を持つ機体における課題)

雪、雷、強風、視界不良、”high-density altitude”(特定の高度において、航空機の性能を標準性能以下に低下させる大気の状態のこと)、極端な温度など、ほぼすべての気象条件で安全に飛行し、制御を維持することができる航空機の開発における課題。

UML-4実現するために解決すべき課題(6/8)

- 本ConOpsでは、5つの柱それぞれに対してUML-4における高度な運航を実現する上で解決すべき課題が示されている。各論点ごとの課題を示す。

4 Aircraft Development and Productionに対する課題(2/2)

Cabin Acceptability(機内環境における課題)

許容可能な乗客の快適性とペイロード保護を提供する航空機の開発における課題。(特に、乗客の快適性とペイロードの保護を両立させる航空機の開発が課題となっている。)

Manufacturing and Supply Chain(製造とサプライチェーンにおける課題)

認証可能な機体を安全かつ安価で、迅速に大量生産する製造能力と、堅牢且つ拡張性の高いサプライチェーン・エコシステムの開発における課題。

UML-4実現するために解決すべき課題(7/8)

- 本ConOpsでは、5つの柱それぞれに対してUML-4における高度な運航を実現する上で解決すべき課題が示されている。各論点ごとの課題を示す。

5 Community Integrationに対する課題

Public Acceptance(社会受容性における課題)

安全性、UAM利用以外へのリスク、セキュリティ、価格、自動化の進展による影響、騒音、プライバシーなどの問題への課題。また、UAMの公共的な価値提案に対する地域のコンセンサスの欠如による社会受容性の低下の課題。

Supporting Infrastructure(インフラ整備における課題)

UAMの飛行場、エネルギーインフラ、テストレンジなど、UAMの運用を大都市圏に統合するために必要な支援インフラの開発と導入における課題。

Operational Integration(複合交通機関の統合における課題)

乗客や貨物のセキュリティ、航空機の悪用や妨害攻撃からの保護、UAMサービスの中断に伴う交通エコシステムの劣化など、地域社会への影響に対応した複合交通機関の統合における課題。

Local Regulatory Environment & Liability(地域の規制環境及び責任の所在における課題)

UAM運航を管理する適切な法律や規制(空域設計、プライバシー、騒音規制など)の制定、運用場所(州や自治体など)間の整合性の追求、自動化・半自律化・自律化が進むシステムの開発・運用に関連する責任所在の明確化のためのフレームワーク開発などにおける課題。

UML-4実現するために解決すべき課題(8/8)

- 本ConOpsでは、個別の観点での課題だけでなく、UML-4における運航を実現するための横断的な課題が示されている。

分野横断的な障壁	詳細内容
Safety	利用者と一般市民の両方に受け入れられる安全レベルのUAM運航システムを実現するための課題。
Security	UAMシステムのすべての要素について、許容できる物理的およびサイバーセキュリティを確保するための技術、ポリシー、推奨される適合手法(MOC)を策定する際の課題。
Automation	自動化とそれに関連する規制、政策、標準、適合手法を開発し、拡張性の高い航空輸送システムに安全に実装するための課題。
Affordability	多くの個人や企業が利用できるように、他の一般的な交通手段と比較してコスト競争力のあるUAM交通システムを構築するための課題。
Noise	UAMの航空機やフリート運航を開発・運用する際の課題。 (運航頻度や多数の航空機が一度に頭上を通過することによる影響を考慮した空域設計や運用上の考慮すべき点が含まれる。)
Regulations/ Certification	不必要に操作を制限することなく、UAMの安全性と社会受容性を確保するために、連邦、州、地方のあらゆるレベルの政府が協力して規制や認証プロセスを策定、実施、施行することに関連する課題。
UAM Aerodromes	UAM飛行場の設計、配置、建設における課題は、(a)大量の乗客と様々な種類の航空機を扱うことができ、(b)NASの安全性と効率性にできる限り影響を与えず、(c)騒音、プライバシー、安全性、価格について一般市民の受け入れを得るための課題。

欧州の動向調査

欧州における空飛ぶクルマの制度化方針

- 具体的には2021年4月にEASAより発行された、ToR for rulemaking task RMT.0230において、CertifiedカテゴリのUASを以下の3つに区分し、今後新しい法規則を整備していく方針が示されている。
- パイロット搭乗ありのVTOL機の運航は③、パイロット搭乗せず遠隔操縦されるVTOL機の運航は②に分類される。
 - ① 空域クラスA～C(ICA0空域分類)での貨物輸送を目的としたUASのIFRによる運用で、飛行場から離陸および／または着陸するもの。
 - ② 混雑した環境(例えば都市部)において、U-Space空域内であらかじめ定義されたルートを使用して離着陸するUASの運用(運用の一部は混雑していない環境(例えば地方)で行うことも可能)。これには、乗客(例:エアタクシー)や貨物(例:商品配送サービス)を運ぶ無人VTOL機の運航が含まれる。
 - ③ ②と同じ運航を行う有人のUASの運用。(U-Spaceのない空域の飛行を含む)

(RMT.0230にて特定されているUASに関する制度課題)

UASの制度課題	進捗
A) Open/Specificカテゴリの運航ルール	完了
B) U-Spaceとの空域統合	一部完了
C) CertifiedカテゴリのUASとUAM	現在進行中
D) UASとVTOLの機体認証基とETSO	計画中
E) 空域利用の要件及びATM/ANS相互交換性要件	現在進行中
F) 環境保護	計画中

(RMT.0230にて特定されているUASに関する制度課題に対する検討スケジュール(一部))

	2021		2022		2023		2024		2025	
	Q1-Q2	Q3-Q4	Q1-Q2	Q3-Q4	Q1-Q2	Q3-Q4	Q1-Q2	Q3-Q4	Q1-Q2	Q3-Q4
(B) U-spaceとの空域統合	U-spaceに関するEU規則 2021/664発行	U-spaceに関する適 合手法案の発行 (NPA2021-14)								
(C) Certified カテゴリのUASとUAM		③に該当するパイ ロットが搭乗する VTOL機体に関す る法規則案(NPA)	③に該当するパイ ロットが搭乗するVTOL機 体に関する声明書 (Opinion)			③に該当するパイ ロットが搭乗するVTOL機 体に関する規則への適合手法 及び手順書(Decision)				
(D) UASとVTOLの機体認証基準とETSO					①②に該当するIFR貨 物輸送及びパイ ロットが搭乗しないVTOL機 体に関する法案 (NPA)	①②に該当するIFR貨 物輸送及びパイ ロットが搭乗しないVTOL機 体に関する声明書 (Opinion)			①②に該当するIFR貨 物輸送及びパイ ロットが搭乗しないVTOL機 体に関する規則への適 合手法及び手順書 (Decision)	
	① EU規則 ② NPA文書 ③ Opinion文書 ④ Decision文書						VTOL機体の認証 仕様書であるCS- VTOLに関する案 (NPA)	VTOL機体の認証 仕様書CS-VTOL (Decision)		

欧州における個別論点ごとの制度整備状況及び今後の整備方針

欧州では、eVTOLを含む空飛ぶクルマをCertified カテゴリ UASとして無人航空機システムの一種に位置づけ、新しい法規則を順次整備していく方針を示している。

	現状の整備状況	今後の整備方針
機体の安全性	- 現在、2019年に発行された小型のVTOL機体の型式証明の特別条件を定めたSpecial Condition (SC)-VTOL-01にもとづいて、個別審査がなされている状況。 - また、当該SCへの適合性手法を定めたMOCが第2版まで発行されており、全項目への対応を示した最終版が近日中に公開予定。	2024年を目途にVTOLに係るパフォーマンスベースのCS (Certification Specification)の発行を計画。 2022年中にパイロット搭乗のVTOL機に関わる法規則案NPA#1にて耐空性に係る規則(Part21)の改訂を予定。
操縦者の技能証明	- 現在、eVTOL機体専用の操縦者ライセンスは存在しない。 - 既存の飛行機又は回転翼機の事業用ライセンス保有者に対して、eVTOL機の操縦のための訓練プログラムを受けた場合、型式限定を付与するなどの経過措置を取ることで対処する方針。	- eVTOL機体の型式限定付与のための訓練プログラムの策定が進められる予定。 - また、将来的にはパイロット搭乗／遠隔操縦によるeVTOL運航も想定した新たな操縦者ライセンス制度のコンセプト“Pilot 3-2-1 licensing”の検討が進行中。
運航管理	2021年、eVTOL運航も想定した新たな運航管理制度である“U-Space”に係るEU規則2021/664が発行され、同年、適合手法を定めたMOCのドラフトが発行。2023年1月よりUAS運航事業者、USSP(“U-Spaceサービス”を提供するサービスプロバイダー)に対して規則への遵守が求められる。	- 当面はパイロット搭乗／遠隔操縦によるeVTOL運航も“U-Space”内での運航を想定。(パイロットが搭乗するVTOL機ではU-Space外での運航も想定される。) - 一方で運航・交通管理の自動・自律化に向けて、AI/MLの適用が検討されており、2035年以降の商用運航を想定。
離発着場	- 現在、運航初期では、2022年3月に発行されたVeriports PTS (Prototype Technical Specifications)に従って、Vertiportが設計・運用されることを想定。 - 当該PTSはVFR運航及びパイロット搭乗を想定したSC-VTOL Enhancedカテゴリに対応する機体のみが対象。	空飛ぶクルマのIFR運航や遠隔操縦や自律化が進むにつれて、より高度な運航に対応可能なVertiportに係る規則が策定されると思料。
運送・使用事業	現在、EASAにおいて、eVTOL運航も想定した新たなUASオペレータ認証制度、Air Operator Certification(AOC)制度を検討中。	2022年中にパイロット搭乗のVTOL機に関わる法規則案NPA #1が発行され、Part-IAMの新設や救急医療活動に対応するための運送・使用事業に関する規則の改訂がなされる予定。

SESARより発行されているConOpsの調査結果

Air Mobility Urban-Large Experimental Demonstration (AMU-LED) プロジェクト概要

- 欧州の航空管制近代化プログラムSESARのプロジェクトの一つであり、旅客・貨物輸送を行う **UAMのConcept of Operationの策定及び実証を進める**ことを目的としている。
- 本プロジェクトでは、U-spaceのフレームワークを用いた実証や、旅客・貨物輸送、ドローン配送、インフラ点検、公共・法執行業務の様々なユースケースに基づく実証等、2021年から2022年にかけて、欧州の複数都市において計100時間以上の飛行試験が行われる予定(以下詳細予定)。
- イギリス クランフィールド:2022年6月
- オランダ アムステルダム・ロッテルダム:2022年8月
- スペイン サンティアゴ:2022年9月
- 本プロジェクトには、製造者、オペレータ、空港事業者、航空管制プロバイダー、Vertiportデベロッパー、通信事業者、研究開発機関等の17の機関が参画している。
- 本プロジェクトで集約されたデータは、EASAにおける法検討に活用される予定。

AMU-LEDのコンソーシアムメンバー

- | | |
|---|--------------------------------------|
| ✓ EVERIS AD (コンサルティング企業) | ✓ CRANFIELD UNIVERSITY |
| ✓ Netherlands Aerospace Centre (NLR) | ✓ FADA-CATEC(スペインのコンサルティング企業／研究開発機関) |
| ✓ Boeing Research & Technology-Europe | ✓ AIRBUS OPERATIONS SL |
| ✓ Jeppesen GmbH(ボーイング傘下のソフトウェア事業者) | ✓ EHang |
| ✓ ITG(スペインの研究開発機関) | ✓ AirHub B.V.(英国の運航事業者) |
| ✓ ENAIRE(スペインの航空管制プロバイダー) | ✓ Space53(オランダのコンサルティング企業) |
| ✓ TECNALIA(スペインの研究開発機関) | ✓ GEMEENTE AMSTERDAM(アムステルダム市役所) |
| ✓ INECO(スペインのコンサルティング企業) | ✓ ALTITUDE ANGEL LIMITED(英国のUTM事業者) |
| ✓ ANRA TECHNOLOGIES UK LTD(英国の運航管理システムの開発事業者) | |

SESARより発行されているConOpsの調査結果

Air Mobility Urban-Large Experimental Demonstration (AMU-LED) – “High Level ConOps – Initial”

- 2021年3月29日、UAMのU-spaceへの統合に関する上位ConOps文書の初版として、“High Level ConOps – Initial”がAMU-LEDより発表されている。
- 同ConOpsでは、**中期的な将来(2025–2030年)において、U1・U2サービスが実装されたU-space環境下でUAMが運航される将来をターゲットに**、UAMの特性、役割・責任分担、空域構成、UAMサービスの概要、セパレーションや干渉回避、有人航空機との共存、緊急時対応、CNS要件・アーキテクチャ、KPI、ギャップ分析、安全評価手法、認証評価について分析整理を行っている。



- また、本ConOpsでは、Open/Specific/Certifiedのすべてのカテゴリの運航の統合を促進することを目的に、同カテゴリとは別の、**機体性能やニーズと対応した包括的なカテゴリを新たに提言している**。
- 新たなカテゴリは、低高度空域(VLL)を**High performance**と**Standard Performance**の2つのレイヤーに分けた、本ConOpsの提言する新しい空域カテゴリと対応している。
- これにより、空域の利用要件を満たしている限り、機体カテゴリに関わらず両レイヤーへのアクセス権がUASに与えられている。

Standard Performance カテゴリ

Standard performanceレイヤーで運航するOpen/Specific/Certifiedのいずれかの機体(小型ドローン等)で、既定のCNS要件、UTM/ATMサービス要件内で運航することが求められる。

High performance カテゴリ

High performanceレイヤーで運航するCertified Categoryの機体(エアタクシー、大型カーゴドローン等)が該当し、運航リスクの高さに応じて、より高い飛行性能、CNS要件、UTM/ATMサービス要件が求められるとともに、より高度なインフラの活用が求められる。

出所)SESAR “High Level ConOps – Initial” <https://amuledproject.eu/deliverables/> (閲覧日:2022年3月28日)

SESARより発行されているConOpsの調査結果

Air Mobility Urban-Large Experimental Demonstration (AMU-LED) –UAMの展開イメージ

要素	短期(~2025)	中期(2025~2030)	長期(2030~)
運航の複雑性	- VLOS&第三者目視外飛行のスタンダードシナリオ (Specificカテゴリ) - Standard Performing Vehicles (SPVs) - 低密度運航、低リスクロケーション - 準自動運航 (HWTM※)	- SPVの都市部目視外飛行におけるHOTL※運航 - 一対複数のフリート運航 - 認証済みHigh Performing Vehicle (HPV): 操縦士が搭乗してのエアタクシー運航やカーゴ物流 - 中密度運航 - エアタクシーの自動化レベルは有人ヘリと同等	- 高密度・複雑シナリオ - 遠隔操縦もしくは自律型HPV (HOVTM※)
アクター	- USSP及び共通情報サービスプロバイダ (CIP) - オペレータ/機長 (PIC) - ANSP - 国家及び地方政府	- HPVの運航管理のための認定USSP - Vertiportオペレータ - フリートマネージャー	統合的な空域管理のための CIS/USSP/ANSPの発展
空域構成、有人機との統合	- U-space空域 EU規則2021/664にて制度化済み - 動的な空域制限 - 他機体はU-space内で電子的に認知 - 空域分離	- 提供されるサービスに基づき空域をXYZに区分 - HPVにはトランジションコリドーも設定 - Vertiportから/への動的な空域制限 - 空域分離/部分的な統合	- フリールート/完全統合 - 全機体を送受信を行う (V2V DAA)
U-space/UAMサービス	- CISサービス (航空情報) - 登録、ネットワークID - 空域把握 (一時制限等) - 飛行許可 - トラフィック情報 (無人&有人機) - 気象情報 (オプション) - 遵守モニタリング (オプション)	- トラッキング&サーベイランス - 動的ジオフェンシング - 初期的な戦術的衝突回避 - 運航計画のプロセッシング/リスク評価支援 - 緊急時管理 - ナビゲーション&通信情報 - ATCとの手順面でのインターフェース - HPVのための新サービス (Vertiport管理等)	- 動的キャパシティ制限 - 戦術的衝突回避 - ATCとの共同的なインタフェース - 高度に自動化された運航管理
制度・規格	- EU規則2019/945&947 - EU規則2020/639&1058 - U-spaceに関する新EU規則 - EU規則2019/947における新スタンダードシナリオ - UAS&VTOLに対する新CS・SC - 短期のサービス規格 - USS間、USS-ATM間の互換性に関する技術基準	- Certifiedカテゴリのための新規則 - 追加的なカテゴリ・サービス・アクターを統合するための新規則 - 自動飛行を行うUAS&VTOLのためのSC - 中長期のサービス規格 - SPV・HPVの統合のための安全評価手順の発展 - ATCのU-spaceとのインタフェースを確保するためのATMフレームワークの更新 (SWIM等の通信プロトコル含む)	- U-spaceのための標準規格フレームワークの完成 - ATC-U-spaceインタフェースの制度化 - V2V DAAのための制度 - 自動飛行を行うUAS&VTOLのためのCS
インフラ・技術	- 既存のCNSインフラの活用 - 新CNSインフラの初期導入 (例.5G等)	- HPVのための既存のヘリコプター・空港インフラの活用 - 特定の地上インフラ (Vertiport等) の初期導入 - Vertiport周辺における特定CNSインフラの整備 - コネクテッドカー等他のインフラの潜在的な活用	都市部での地上インフラの統合

※機体の自動化レベルは、Human within the Loop→Human on the Loop→Human over the loopの3段階で進むと整理されている。

2.2 海外における技術開発及び社会実装の動向調査

本節では、中長期的な視点で課題を抽出しタイムラインを検討する観点から、欧米や中国等の空飛ぶクルマ先進国における技術開発や社会実装の動向を調査する。

- 海外における空飛ぶクルマに係る技術開発の動向調査
 - 機体に関する技術開発動向
 - 離発着施設や運航管理システム等の外部システムの構想・開発に係る技術開発動向
- 海外における空飛ぶクルマに係る社会実装の動向調査
 - 海外都市における空飛ぶクルマの導入に向けた活動状況

米国企業における機体の開発動向

- 米国企業にて開発が進められている機体に係る開発動向(座席数や重量、ペイロード、飛行方式、操縦方法、認証状況、サービス開始時期)を中心に調査した。

写真出所)各社Webサイト

機体名 (企業名)	概観図	席数	重量 (ペイロード)	飛行方式	操縦方法	認証状況	サービス開始 時期
S4 (Joby社)		5席	2,177kg (453kg)	・Vectored Thrust	操縦者搭乗	・2021年、FAAと認証基準(G-1認証)を合意、適合手法(G-2認証)取得に向けて調整中。並行して、2022年、適合性試験を開始。 ・2023年までに型式証明取得予定。	・2024年に商用旅客サービスの開始予定。
Maker (Archer社)		2席	1,508kg (情報なし)	・Vectored Thrust ・Lift&Cruise	操縦者搭乗 →自律	・2021年、FAAとG-1認証を合意し、現在G-2認証取得のために調整中。 ・2023年には商用機の最初のプロトタイプが飛行する予定。	・2024年に商用旅客サービスを開始予定。
Alia (Beta Technologies社)		6席	2,722kg (635kg)	・Lift&Cruise	操縦者搭乗	・2024年末までにFAA Part 23にもとづく型式認証を取得を目指す。	・2025年から2026年のサービス開始を目指す。
Skai (Alaka'I Technologies社)		5席	情報なし (435kg)	・MultiRotor	操縦者搭乗 →自律	・2021年、FAAとG-1認証合意に向けた活動を開始、2022年に開始するフルスケールのプロトタイプ機の試験に向けたMoCを検討中。	・商業サービス開始時期に係る情報なし。
Nexus 4EX (Bell社)		5席	3,175kg (272kg)	・Vectored Thrust	操縦者搭乗	・FAAとFAAとG-1認証合意に向けた活動を開始しているが、現在のステータスに関して情報なし。	・2025年の商用旅客サービス開始予定。

欧州企業における機体の開発動向

- 欧州企業にて開発が進められている機体に係る開発動向(座席数や重量、パイロード、飛行方式、操縦方法、認証状況、サービス開始時期)を中心に調査した。

写真出所)各社Webサイト

機体名 (企業名)	概観図	席数	重量 (パイロード)	飛行方式	操縦方法	認証状況	サービス開始 時期
Velocity (Volocopter社)		2席	900kg (200kg)	・Multicopter	操縦者搭乗 →遠隔操縦	・EASA SC-VTOLにもとづく型式認証に係る申請を提出し、現在も認証取得に向けて活動中。 ・2020年、FAAに対して型式認証取得に向けた活動を開始、現在も活動中。 ・2023年中の型式証明取得を目指す。	・2024年に商用旅客サービスの開始予定。
Voloconnect (Volocopter社)		4席	情報なし (300-400kg)	・Lift&Cruise	・操縦者搭乗 →遠隔操縦	・認証に向けた活動は開始されていないが、2026年までの型式証明を想定。	・2026年以降に商用旅客サービスの開始予定。
Lilium Jet (Lilium Aviation社)		7席	3,175kg (700kg)	・Vectored Thrust	・操縦者搭乗	・2020年、EASAよりCertification Basis CRI-A01が発行され、当該機体の認証基準が合意された。 ・FAAに対して型式認証取得に向けた活動を開始、現在もG-1認証合意に向けて活動継続中。	・2024年に商用旅客サービスの開始予定。
VA-X4 (Vertical Aerospace社)		5席	情報なし (450kg)	・Vectored thrust	・操縦者搭乗	・EASA SC-VTOLにもとづく型式認証に係る申請を提出し、現在も認証取得に向けて活動中。 ・2024年の型式認証取得を目指す。	・2024年に商用旅客サービスの開始予定。
CityAirbus NextGen (Airbus社)		4席	情報なし (情報なし)	・Lift&Cruise	・操縦者搭乗	・EASA SC-VTOL enhancedカテゴリの基準に適合する設計であり、EASAより型式認証を取得する想定される。 ・2025年の型式認証取得を目指す。	・2025年以降に商用旅客サービスの開始予定。

その他企業で開発中機体の動向

- その他企業にて開発が進められている機体のうち、係る開発動向（座席数や重量、パイロード、飛行方式、操縦方法、認証状況、サービス開始時期）を中心に調査した。

写真出所）各社Webサイト

機体名 (企業名)	概観図	席数	重量 (パイロード)	飛行方式	操縦方法	認証状況・スケジュール	サービス開始 時期
EHang 216 (Ehang社)		2席	情報なし (220kg)	・Multicopter	・商用初期より 自律飛行	・2022年2月、中国民用航空局 (CAAC)がEHang216の型式認証に 関する特別条件を正式に採用。今後、 MOCの検討に移行。	・時期は明示さ れていない。
CORA (Wisk社)		2席	情報なし (181kg)	・Lift&Cruise	・商用初期より 自律飛行	・FAAより型式証明を取得するための 第6世代のモデルを現在開発中。	・時期は明示さ れていないが、 米国市場に自 律型エアタク シーを投入する 予定。

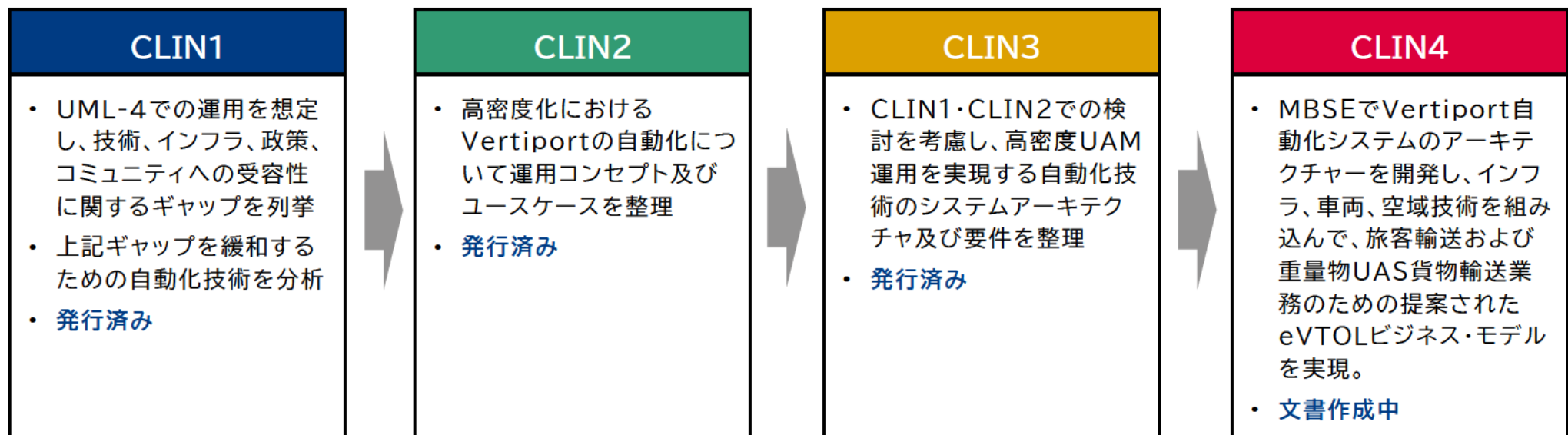
空飛ぶクルマに係る主な外部システムの開発状況

- 空飛ぶクルマの機体以外の技術開発動向を以下の通り整理した。

技術項目	現在の開発状況	将来の開発の方向性
通信	- 当初は従来航空機が利用するVHF無線の利用を想定 - 自律飛行を行うEHangは4G/5Gの利用を予定	- NASAの調査研究によれば、5G及び5G衛星通信、UAS向け周波数であるC帯、低軌道衛星通信等の利用が推奨 - AZO、Droniq、CGIにて衛星ベースの通信システムのUAMへの適用可能性について調査を開始
航法	uAvionixは、空飛ぶクルマ向けにGNSSとSBAS補強信号を受信可能な航法装置を製品化	NASAの調査研究によれば、GNSS＋補強信号(RTK、ポートからの信号放送、GPS-3や追加衛星(LEO))、RFビーコン等の活用が推奨
監視	uAvionixは、空飛ぶクルマ向けに小型のADS-B in/out・トランスポンダ(モードS対応)装置を製品化	NASAの調査研究によれば、UAT-2、ADS-B、マルチラレーションと言った協調監視、レーダ、IRセンサ、音響といった非協調監視が推奨
衝突回避	- 当初はVFRによる運航を想定 - 光学カメラやレーダ、Lidar等のセンサや機械学習による回避アルゴリズム等の技術開発例あり	NASAの調査研究によれば、レーダ、IRセンサ、音響といった非協調センサの活用、ACASの搭載が推奨
交通管理・フリート管理	- 欧州ではUAS向け空域管理を行うU-Spaceの対象にeVTOLを包含予定、制度整備が進展中 - ドローン向けのUTM、フリート管理製品の一部では将来的にeVTOLの管理も想定	- FAA/NASAが発表するConOpsの中で構想するPSUの機能を実現する交通管理システムが必要 - 国際標準化機関におけるI/Fや運用ルールの検討が今後進められる見込み
給電システム	- 小型で低出力(22kW)、エネルギー貯蔵システムと統合した高出力(500kW)等の充電システムが製品化 - Volocopterはバッテリー交換システムを計画	- エネルギー貯蔵システムと統合した充電設備は効率的な方式として期待、NASAでは、600kWを3基統合したシステムが将来構想として検討 - 小型軽量化が課題

離着陸施設の自動化に向けた検討状況

- 米国NASAでは、欧州に先行して、将来のUAMの高密度化に対応するため、離発着施設である**Vertiportの自動化**が検討されている。
- 当該検討では特に、既存技術とのギャップ分析や運用コンセプトの検討、システムアーキテクチャ検討が実施され、以下に示す4ステップで検討が進められている。
- UAS貨物輸送や小型の乗客輸送機(10人未満)に対応するVertiportが対象であり、Vertiportのインフラ、機体、空域サービス、Vertiportへの大量のトラフィックの出入りを可能にする自動化技術に重点を置いて技術的な観点で検討がなされている。



主なフィードバック先

※研究内容はFAAでの制度整備やASTMでの標準化などに適宜反映予定

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> FAA UAM CONOPS v.2.0 Vertiport Advisory Circular (Vertiport AC) | <ul style="list-style-type: none"> NASA AAM Concept Development ASTM F38.02 Vertiport Automation SDSP |
|--|---|

離着陸施設の自動化に向けた検討状況

- Vertiportの自動化システム(VAS: Vertiport Automation System)に関わる検討では、既存のHeriportの特徴を理解し、UAMの離発着施設に必要な機能及び種類が整理されている。
- 特にUAMの離発着施設としてVertiplaceが定義され、設置される場所や機能によって「①Vertihub」「②Vertiport」「③Vertistop」の3種に分類されている。

Heriport

- 現在の基本的な離着陸場から、自動化された技術を用いたVertiplaceへと転換する最初の場所
- 基本的な設計としてヘリコプターの着陸と離陸をサポートするため、操縦と着陸・離陸の両方に明確なスペースが存在
- Heriportの大半は保安検査施設がない
- 視界が制限された状態での離着陸を可能にする計器式アプローチは例外的

Vertiplace

- 一般的な機能としては、充電、計器進入手順、天候監視機能などがある
- ほとんどのVertiplaceは、乗客がすぐに降りられるように設計された迅速なバッテリー交換および充電施設を備えているが、マルチモーダルなハブとして設計されているものもある
- 機能に基づいて、Vertiplaceは以下の3種に分類される

Ground infrastructure (vertiplaces):
Vertihubs, vertiports, and vertistops



①Vertihub

- 物理的な設置面積が最大で、電力網やその他の物理的インフラへの負担が大きい
- 都市部の周辺部に存在する可能性が高い



②Vertiport

- 都市の中心部に位置し、乗客と貨物の両方の乗降のための主要な場所として機能



③Vertistop

- ポートの最小要素であり、1つのパッドまたは2つのパッドを備えたエリアを含む

離着陸施設の自動化に向けた検討状況

- CLIN2にて作成された“HIGH-DENSITY AUTOMATED VERTIPOINT CONCEPT OF OPERATIONS”では、NASAのUMLとVertiportの自動化レベルの整合性を確保するため、UML1～4に沿った4つのミッションレベルのユースケースを定義した。
- 具体的4つのユースケース、施設検査、医療搬送、都市における貨物輸送、都市における旅客輸送に分類し、自動化されたVertiportsの運用の複雑性や自動化と機能を整理した。

	施設検査	医療搬送	都市における貨物輸送	都市における旅客輸送
対応するUML	UML1	UML2	UML3	UML4
空域密度	1-10機の同時運航	10-50機の同時運航	50-100機の同時運航	100-1000機の同時運航
Vertiportの運用の複雑性	主に手動による操作	- Vertiportインフラの自動監視、PSUやフリートオペレーターとの情報共有、標準的なVFRおよびIFRでの運航手順で、より複雑な運用シナリオが実現 - 単一のPSUによる運用、限られた地点間の限られたルート構成となる可能性が高い	- 自動化システムの責任が増し、1種類の運航に対してパイロードと航空機の特性に基づくスループットとターンアラウンドタイムを決定 - 複数の独立したVertiportを管理	- 複数の類似オペレーションに対応 - 機体やパイロードだけでなく、天候など他の要素に基づくスループットやターンアラウンドタイムの決定
Vertiportの自動化と機能	- 少数の着陸地点(1-3) - 主に手動による地上業務 - Vertiportを占有する航空機、リソースの自動自己監視	- 少数の着陸地点(1-3) - Vertiportのセルフモニタリング(利用可能なパッド状態、充電ステーション状態など) - 着陸・離陸スロットのPSUとの通信割り当て	- 着陸地点の増加(3-10) - 着陸地点と駐機場の比率の増加 - Vertiportの状態の自動的な放送 - 着陸・離陸スロットのPSUとの通信による割り当て数の増加	- 高密度運用に対応した都市型Vertiportの実現 - 自動ステータス、自動コラボレーション、着陸・離陸スロットの割り当て

離着陸施設の自動化に向けた検討状況

- CLIN2にて作成された“HIGH-DENSITY AUTOMATED VERTIPORT CONCEPT OF OPERATIONS”では、Vertiportの自動化に伴う具体的な運用イメージとして、PSUを通じたリソースの割り当て等が示されてる。
 - ① Fleet Operator(UAM運航事業者)は飛行計画をPSUに申請する。
 - ② VASはPSUに運用状況及び収容率などのリソースに関する情報をPSUに提供する。
 - ③ PSUはFleet Operatorから申請された飛行計画に基づいて、Vertiportsの利用可否をVASと交渉する。また、飛行監視に関わる情報をVASに提供する機能を有する。



出所)HIGH-DENSITY AUTOMATED VERTIPORT CONCEPT OF OPERATIONS

https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20210016168/downloads/20210016168_MJohnson_VertiportAtmtcnConOpsRprt_final_corrected.pdf (閲覧日:2022年3月28日)

海外都市における空飛ぶクルマの導入に向けた活動状況

- 海外では空飛ぶクルマの社会実装に向けて事業者と自治体が連携しながら活動を進めているケースが多い。社会実装に向けて検討が先行している都市における検討体制やユースケース、商業運航開始時期、実現に向けた活動状況などを示す。

国名	地域・都市名	体制		ユースケース	導入時期	導入に向けた活動
		事業者	自治体			
アメリカ	ロサンゼルス市	Archer	ロサンゼルス市	・ 情報なし	2023-2024年・	2020年、市が空飛ぶクルマの導入に向けたコンソーシアムを設立
	フロリダ州	Lilium等	オーランド市等	・ 初期はオーランド国際空港とダウンタウンの間	2025年	2020年、Liliumとオーランド市が米国初のポート建設計画を発表 2020年、サービス導入までのステップとしてヘリコプターによる実証、特別空域での試験、eVTOLによる試験を行う計画を発表 2025年、レイク・ノナのポート完成
カナダ	ブリティッシュコロンビア州	Wisk等、20の企業・団体	カナダ政府、BC州政府	- 都市間/都市内交通 - 救急搬送 - 北部コミュニティ - 空港シャトル - その他	2025年	2019年から空飛ぶクルマの導入検討を開始 2020年、ホワイトペーパーを発表。事業者や政府、州政府などによるコンソーシアムを組成し、バンクーバーを中心としたユースケース作成、経済効果試算、ロードマップ策定を実施 2021年、試験飛行を実施予定
フランス	パリ地域	Volocopter等、30の企業・団体	Choose Paris Region(政府系団体)	・ 情報なし	2024年7-8月、パリ五輪でのショーケース	2019年、パリおよびイル・ド・フランス地域圏におけるUAMサービスの実現可能性について調査 2020年、協力企業の募集・選定 2021年、Volocopterの試験飛行
中国	賀州市	Ehang	賀州市	・ 観光	情報なし	2020年、Ehangが市内の広場から病院の間で医療品の輸送実証を実施 2020年、Ehangが屋上にvertiportを備えたビルを建設 2021年、賀州市は3,07億USDをEhangに拠出することを発表
シンガポール		Volocopter	シンガポール政府	- 初期はマリーナベイの海上における観光ルート - 将来的には周辺国も含めた輸送ルート	2023年末まで	2019年、シンガポールのマリーナベイ上空で初の有人飛行 2026年までにシンガポールで200人以上の正社員を雇用
ニュージーランド		Wisk	ニュージーランド政府	・ 情報なし	情報なし	2017年、Wiskがニュージーランドにおける試験を開始 2020年、政府とWiskがエアタクシーの導入に向けたMOUを締結 2021年、政府とWiskのMOUに基づく試験飛行を実施予定

2.3 国内における技術開発や社会実装動向の調査

本節では、中長期的な視点で課題を抽出し、タイムラインを検討する観点から、実務者会合等の議論等を通じ、国内の技術開発や社会実装の計画をアップデート・整理する。

- 国内における空飛ぶクルマに係る技術開発の動向調査
- 国内における空飛ぶクルマに係る社会実装の動向調査
 - 日本における目指すべき絵姿と中長期的な実装の流れ(ユースケース検討会での議論より)
 - 離着陸場所に関する課題整理(ユースケース検討会での議論より)

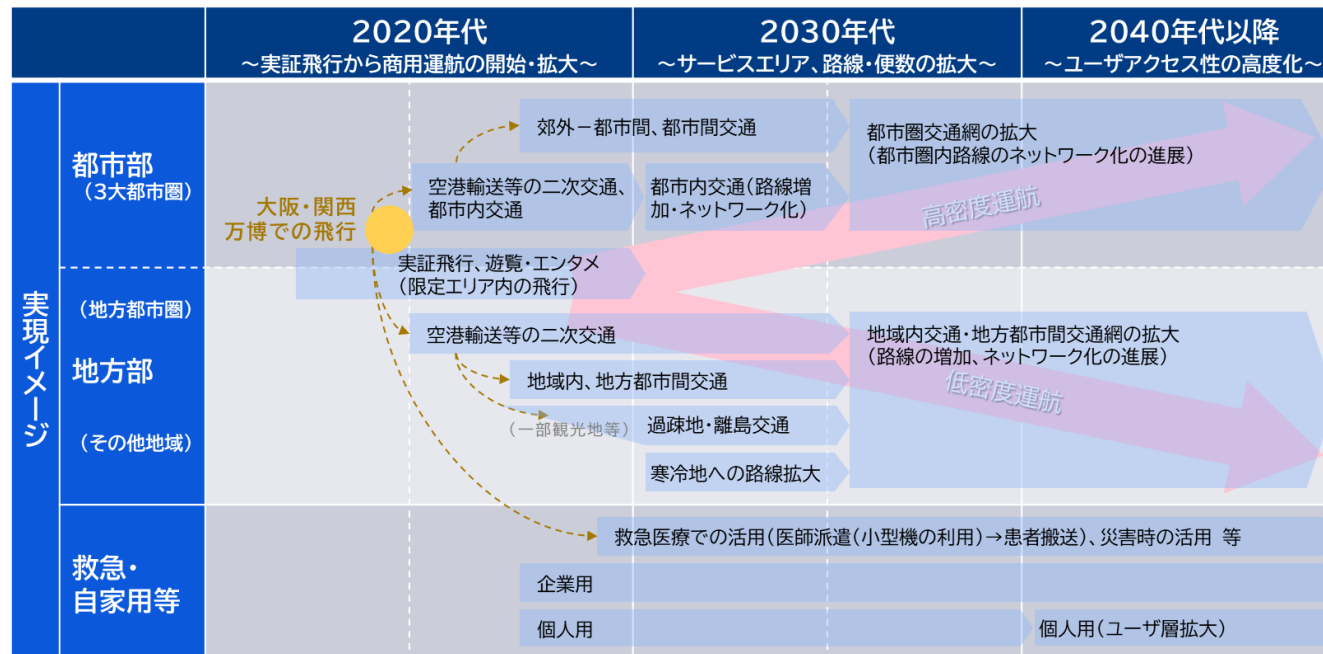
国内の技術開発の検討状況

- 第4回ユースケース検討会において、NEDO「空飛ぶクルマの先導調査研究」における空飛ぶクルマの要素技術に関するロードマップ策定の取組みについて報告が行われた。成果はNEDOより公開の予定。
- ここでは、当該ロードマップで整理されている要素技術項目を示す。

技術項目		整理対象の技術・方式例
機体		Multicopter、Tiltrotor
動力		モータ、ギヤ、インバータ、冷却機構
電源	蓄電	LiB、Advanced LiB、Beyond LiB
	発電	燃料電池、エンジン発電機
装備品	CNS装備品	通信、航法、監視
	FMS	—
	制御システム	—
	DAA(衝突回避)	協調方式、非協調方式、対地接近
	クラッシュワージネス	座席、フローティング、姿勢安定・降下率低減
製造技術	構造材料	熱硬化材／熱可塑性材、オートクレーブ／プレス成形
	アセンブリ技術	ファスナー、熱可塑性・熱硬化、溶着
CNS (通信・航法・監視)	通信	航空通信、衛星通信、HAPS、セルラー、RFネットワーク、C帯(航空移動)
	航法	GNSS、SBAS/GBAS、PNT、RFビーコン、地形・地上構造物データベース
	監視	二次レーダ、一次レーダ、マルチラテレーション、IRセンサ、音響センサ
地上システム	交通管理システム	交通流管理、ポート管制、空域管制
	フリート管理システム	飛行計画、情報管理、フライトウォッチ、スケジュール管理
	給電システム	コンダクティブ充電、電池交換充電、非接触充電
	気象システム	情報(視程、雲底、風、雨、CB)、情報ソース(観測、予測)、情報連携
	3Dマップ	情報(動的データ、仮想データ、障害物情報、地図情報)

空飛ぶクルマの実装の流れ(実現イメージ)

- 空飛ぶクルマの2020年代～2040年代の空飛ぶクルマの実装の流れを以下のように整理した。



地域

実装の流れ詳細

都市部

空港等の交通拠点と都市を結ぶ二次交通に始まり、都市内交通や郊外・都市を結ぶ交通手段に利用を拡大、路線の増加・ネットワーク化を進めることで、都市圏内の新たな交通網への展開を目指す。

地方部

空港等の交通拠点と都市や観光地を結ぶ二次交通に始まり、地方都市や過疎地・離島を含めた地域内交通に利用を拡大、地域の需要に応じた路線の増加・ネットワーク化を目指す。併せて、寒冷地等、厳しい気象条件の地域を含め、日本全国への展開を目指す。

救急・自家用等

小型の機体を用いた現場への医師派遣に始まり、現場から病院への患者搬送、さらには災害時の活用への拡大を目指す。また、自家用として個人で所有・利用するユースケースや、企業が独自に導入し自社利用するユースケースへの展開も想定される。

空飛ぶクルマの実装の流れ(その他の論点)(1/6)

- 空飛ぶクルマの2020年代～2040年代の空飛ぶクルマの飛行エリア、仕様機体、操縦方法の実装の流れを以下のように整理した。

	2020年代 ～実証飛行から商用運航の開始・拡大～	2030年代 ～サービスエリア、路線・便数の拡大～	2040年代以降 ～ユーザアクセス性の高度化～
飛行エリア	1～2か所 → 数か所～10数か所	全国各地に拡大	路線網の面的な拡大
使用機体	2～5人乗り程度 Multirotor、Lift&Cruise、Vectored Thrust	市場ニーズに応じた機体の大型化、方式の多様化	
操縦方法	操縦者の搭乗、操縦者搭乗無し(遠隔操作) 手動操縦、自動操縦 (従来航空機と同程度) → 自動化レベル の向上	操縦者搭乗無し(自動、遠隔監視)	自律制御

※ヘリにも共通する課題

項目	実装の流れ詳細
飛行エリア	2025年以前は実証試験としての飛行が想定される。2025年以降は各地で2地点間を結ぶ路線の開設を進め、2030年代は路線の全国的な展開を目指す。また、2040年代は路線網の面的な拡大によるユーザアクセス性の向上を目指す。
使用機体	現在の国内外の機体開発・認証の動向を踏まえ、2020年代は、現時点で飛行実証や認証手続きが進められている機体の市場投入を目指す。2030年代以降は、空飛ぶクルマに求められる市場ニーズに応じた機体の大型化や新たな推進方式の提案、車両との一体化等、多様な機体の市場展開が想定される。
操縦方法	現在の国内外の機体開発・認証の動向を踏まえ、2020年代は、操縦者が搭乗して手動操縦する機体と、荷物輸送用を中心に操縦者が搭乗しない遠隔操作の機体の市場投入を目指す。2030年代以降は、遠隔からの監視のみで、操縦者が搭乗しない自動飛行や自律制御による運航の実現を目指す。

空飛ぶクルマの実装の流れ(その他の論点)(2/6)

- 空飛ぶクルマの2020年代～2040年代の空飛ぶクルマの運航形態の実装の流れを以下のように整理した。

	2020年代 ～実証飛行から商用運航の開始・拡大～	2030年代 ～サービスエリア、路線・便数の拡大～	2040年代以降 ～ユーザアクセス性の高度化～
運航形態	限定エリア	定路線運航	不定路線運航、路線の複雑化
		定期運航+オンデマンド運航(地域の需要に応じた頻度向上)	
		様々な気象条件への対応性向上、就航率向上	就航率97%程度以上の実現
※ヘリにも共通する課題			

項目	実装の流れ詳細
運航形態	• 路線については、限定エリアでの実証飛行を経て、2025年以降は2地点間の定路線での商用運航を開始すると共に、2030年代以降は任意の離着陸場所への運航を実現し、複雑な路線網における運航の実現を目指す。また、運航方法については、定期運航における定時性の確保と頻度の向上に加え、ユーザが乗りたい時に利用可能なオンデマンド運航の実現を目指す。 • 就航率については、IMC相当の気象条件への対応を早期に可能とすることで就航率を向上し、2030年代後半には、現行の旅客機と同程度である97%程度以上の全天候型に近い就航率の実現を目指す。その一環として、空飛ぶクルマが飛行する低高度の気象観測・予測の拡充が必要である。

空飛ぶクルマの実装の流れ(その他の論点)(3/6)

- 空飛ぶクルマの2020年代～2040年代の空飛ぶクルマの離発着場の実装の流れを以下のように整理した。

	2020年代 ～実証飛行から商用運航の開始・拡大～	2030年代 ～サービスエリア、路線・便数の拡大～	2040年代以降 ～ユーザアクセス性の高度化～
(種類)	既存の空港等(ヘリポート等)の活用		
離着陸場	場外離着陸場(航空法第79条但し書きによる許可)		空飛ぶクルマ専用離着陸場
	市街地の外縁から内部へ、より身近な場所へ (主に既存設備の活用等)		沿岸・離島・過疎地等
	建物の建設計画、都市計画、地域計画等への反映		市街地(建物屋上を含む)
※ヘリに対する利点			住宅地近隣

項目

実装の流れ詳細

離発着場

- 空飛ぶクルマは航空機に該当することから、既存の空港等(特に、公共/非公共ヘリポート等)を離発着場として使用する必要がある。他方、既存の空港等の数や場所は限られることから、航空法第79条但し書きによる許可に基づき、空港等以外の場所(場外離着陸場)に離着陸することも想定されるが、持続的な利用は困難である。そこで、欧米で規格検討が進められている空飛ぶクルマの運用に適した専用の離着陸場の整備を目指す。
- 具体的な離着陸場の設置・運用場所としては、2025年以降、沿岸部や離島・過疎地等の利用に加えて、利用者が集まる市街地(ビル屋上を含む)の利用も段階的に始まり、2030年代には市街地への展開が本格化、さらに将来には住宅地近隣への展開を目指す。
- なお、市街地や住宅地、特にビル屋上の離着陸場の設置は、都市・地域開発やビル建設等の工事期間を考慮する必要があり、ビル建設の計画や地方自治体等の都市計画・地域計画の策定段階から、離着陸場の整備について検討しておくことが必要である。加えて、混雑空港内における離着陸場の設置検討についても検討が必要である。

空飛ぶクルマの実装の流れ(その他の論点)(4/6)

- 空飛ぶクルマの2020年代～2040年代の空飛ぶクルマの環境負荷低減、コスト低減の実装の流れを以下のよう整理した。

	2020年代 ～実証飛行から商用運航の開始・拡大～	2030年代 ～サービスエリア、路線・便数の拡大～	2040年代以降 ～ユーザアクセス性の高度化～
環境負荷低減 ※ヘリに対する利点	静粛性の向上	市街地環境に対応した静粛性 バッテリー廃棄の低減、電源のゼロエミッション化	住宅地環境に対応した静粛性
コスト低減	電動化による運航コスト低減	自動・自律化による運航コスト低減 サービス効率化による運航コスト低減 量産化による機体・部品の製造コスト低減	更なるコスト低減

項目	実装の流れ詳細
環境負荷低減	- 機外騒音の低減により、離着陸場整備の展開に合わせて、2030年代には市街地環境に対応した静粛性、2040年代には住宅地環境に対応した静粛性の実現を目指す。 - また、バッテリーの廃棄による環境負荷を低減するため、バッテリー寿命を向上する技術開発やリサイクル等に取り組む。電源として再生可能エネルギー等のゼロエミッション電源による給電や、燃料電池の搭載によりCO2排出削減効果が見込まれる。
コスト低減	空飛ぶクルマの運航コストについては、従来ヘリコプターと比較して機体の電動化や自動・自律化、サービス効率化、部品の量産化に基づく運航コストの低減が期待される。加えて、機体の量産化による機体製造コストの低減が期待される。

空飛ぶクルマの実装の流れ(その他の論点)(5/6)

- 空飛ぶクルマの2020年代～2040年代の空飛ぶクルマの社会受容性の実装の流れを以下のように整理した。

	2020年代 ～実証飛行から商用運航の開始・拡大～	2030年代 ～サービスエリア、路線・便数の拡大～	2040年代以降 ～ユーザアクセス性の高度化～
社会受容性	一部地域で住民理解獲得の実績確保 大阪万博を通じた認知度の向上 利便性向上や安全性の認知による社会受容性の醸成	利活用分野・利活用エリアの拡大を通じた受益者増加、社会課題解決への貢献を通じた社会受容性の向上	日常的な風景として根付く

項目	実装の流れ詳細
社会受容性	- 社会受容性の段階的な向上の流れとして、当初は実証実験等を通じ、一部の地域で住民理解を得る実績を確保すると共に、大阪・関西万博における空飛ぶクルマの飛行を通じ、全国規模での認知度向上を図る。 - さらに、空飛ぶクルマの商用運航の開始に伴い、住民の利便性向上や安全性の認知に伴い社会の受容性を醸成しつつ、空飛ぶクルマの利活用分野・地域の拡大を通じた受益者の増加、社会課題解決への貢献実績の積み重ねにより、社会受容性の向上を図る。最終的には、空飛ぶクルマが日常的な風景として根付くことを目指す。 - 社会受容性の確保に当たっては、まずは空飛ぶクルマに対する住民の認知度を向上した上で、導入地域の効用の最大化、導入に際しての住民との議論の透明性の確保やコミュニケーションの促進、導入による副作用(騒音、環境負荷等)の最小化、プライバシーへの配慮といった対応が必要である。具体的には、普及用コンテンツやデモフライトを通じた体験に基づく認知度の向上、安全性の確保と訴求、低騒音化技術の開発と訴求等が必要である。また、万一の事故発生時にも、被害者が迅速かつ確実に救済されるような環境の整備に向けて、保険の活用等の検討が必要である。

空飛ぶクルマの実装の流れ(その他の論点)(6/6)

- 空飛ぶクルマの2020年代～2040年代の空飛ぶクルマの周辺ビジネスjへの波及効果の実装の流れを以下のように整理した。

	2020年代 ～実証飛行から商用運航の開始・拡大～	2030年代 ～サービスエリア、路線・便数の拡大～	2040年代以降 ～ユーザアクセス性の高度化～
周辺ビジネス への波及	航空機・装備 品製造、 運送・使用事 業中心	航空関連ビジネスの拡大 航空交通管理、パイロット訓練、機体整備等	
		ポート関連ビジネスの展開 ポート設置・運営事業、都市・地域開発事業への展開、スマートシティへの展開	
		関連する周辺ビジネスへの波及 保険、イベント、観光、不動産、物流、気象観測・予測、データ関連、救急医療 他の公共交通への接続、MaaSの実現、新たなアプリやビジネスモデルの創出～普及拡大	

項目

実装の流れ詳細

- 周辺ビジネスへの波及効果
- 空飛ぶクルマの導入当初は、機体の開発・製造を担う航空機・装備品の製造事業、運航を担う航空機の運送・使用事業が中心となるが、その後の波及としては、まず安全運航のための航空交通管理や、操縦者の訓練、機体整備等といった航空関連ビジネスの拡大が見込まれる。また、離発着場(ポート)関連ビジネスの展開が見込まれ、ポートの設置・運営事業の創出と共に、都市・地域の開発事業へのポート導入やスマートシティへの実装といった展開が見込まれる。
 - さらに周辺ビジネスへの波及については、保険の商品化、空飛ぶクルマを利用したイベントや観光事業への波及が見込まれる。また既存の公共交通への接続や物流における活用、都市・地域開発の観点から不動産業への波及、気象情報など安全運航のためのデータ関連事業への波及が見込まれる。さらに、他の交通機関とのシームレスな接続やサービス連携によるMaaSの実現、新たなアプリケーションやビジネスモデルの創出が見込まれる。また、救命救急のための医師派遣や患者搬送の他、医療者派遣など医療分野における利活用が検討されている。
 - このように、空飛ぶクルマの社会実装の推進により、航空関連ビジネスの拡大、ポート関連事業の創出と都市・地域開発への展開、幅広い周辺ビジネスへの波及、MaaSの実現を含めた新たなビジネスモデルの創出を目指す。

離着陸場所に関する課題整理(1/2)

< 離着陸場の種類と課題 >

● 既存の空港等の活用

- 公共用ヘリポート、非公共用ヘリポート等の活用が想定されるが、以下の課題が挙げられる。
 - ・ 公共用ヘリポート(原則、誰でも使用可能)は、全国22カ所のみ設置され、数・場所が限定。
 - ・ 公共用ヘリポートであっても、既存ヘリコプター事業者が離発着枠を独占している場合、時間帯によっては活用が困難。
 - ・ 非公共用ヘリポート(個々の事業者が独自に利用)は、新設するためのコストや設置プロセスの時間が必要。
 - ・ 制限表面等、既存のヘリコプターを前提とした基準をもとに設置・運用することが必要であり、eVTOLの離着陸の可否について確認が必要。
 - ・ eVTOLの運用に必要な設備等(電源設備等)の整備が必要。

● 場外離着陸場の活用

- 航空法第79条但書による許可に基づき、空港等以外の場所に離着陸することが可能だが、以下の課題が挙げられる。
 - ・ 臨時に許可されるものであり、永続的な商用利用は前提とされていない。
 - ・ 現行基準におけるeVTOLの運用可否の確認、eVTOLの離着陸に対応した基準等の検討が必要。
 - ・ eVTOLの運用に必要な設備等(電源設備等)の整備が必要。

● 緊急離着陸場の活用

- 消防活動等のため、航空法第81条の2(搜索・救助のための特例)の適用により、離着陸することができるよう建築物の屋上又は地上に設けられた場所であるが、以下の課題が挙げられる。
 - ・ ヘリポートもしくは場外離着陸場としての設置基準を満たすための構造補強や制限表面等の確保が必要。

● eVTOL専用離着陸場の整備

- 諸外国の主管庁や標準化機関において、eVTOL向けの離着陸場(Vertiport等)の基準等の検討が進められているところ。設置に当たっては以下の課題が挙げられる。
 - ・ 国内において、諸外国の動向を踏まえつつ、設置・運用等に関する基準等の整備が必要。

離着陸場所に関する課題整理(2/2)

< 設置・運用に関する課題 >

- 都市部等におけるビル屋上への設置
 - 主に都市部における離着陸場として、ビルの屋上への設置が期待されるが、以下の課題が挙げられる。
 - ・ ビル建設の計画時から離着陸場の設置を考慮しておくことが必要。大型ビルの計画～設計～工事～完成までに20年程度を要する場合があります、ビル建設期間を含めた離着陸場の整備計画の検討が必要。
 - ・ 既存のビル屋上への新規設置については、容積率や設置工事等の観点から困難なケースも想定される。
 - ・ ビル屋上の離着陸場の設置に関し、促進の妨げとなり得る制度等の有無について確認、整理が必要。
- 居住地周辺等への設置
 - 空飛ぶクルマへのアクセス容易性の観点から、商業地や居住地等、生活に身近な場所への離着陸場の設置が期待されるが、以下の課題が挙げられる。
 - ・ 騒音に代表される地域環境への負荷低減について考慮・対策が必要。機体の性能を踏まえ、騒音基準、環境アセスメントや地域住民との合意形成等のプロセスについて検討が必要。
- 空港への設置
 - 二次交通における空飛ぶクルマの利用が期待される中、空港内の利便性の高い場所に離着陸場が設置されることが期待されるが、以下の課題が挙げられる。
 - ・ 既存の定期航空便の運航を妨げない設置場所や運用方法等の検討が必要。

2.4 ロードマップ改定案の検討

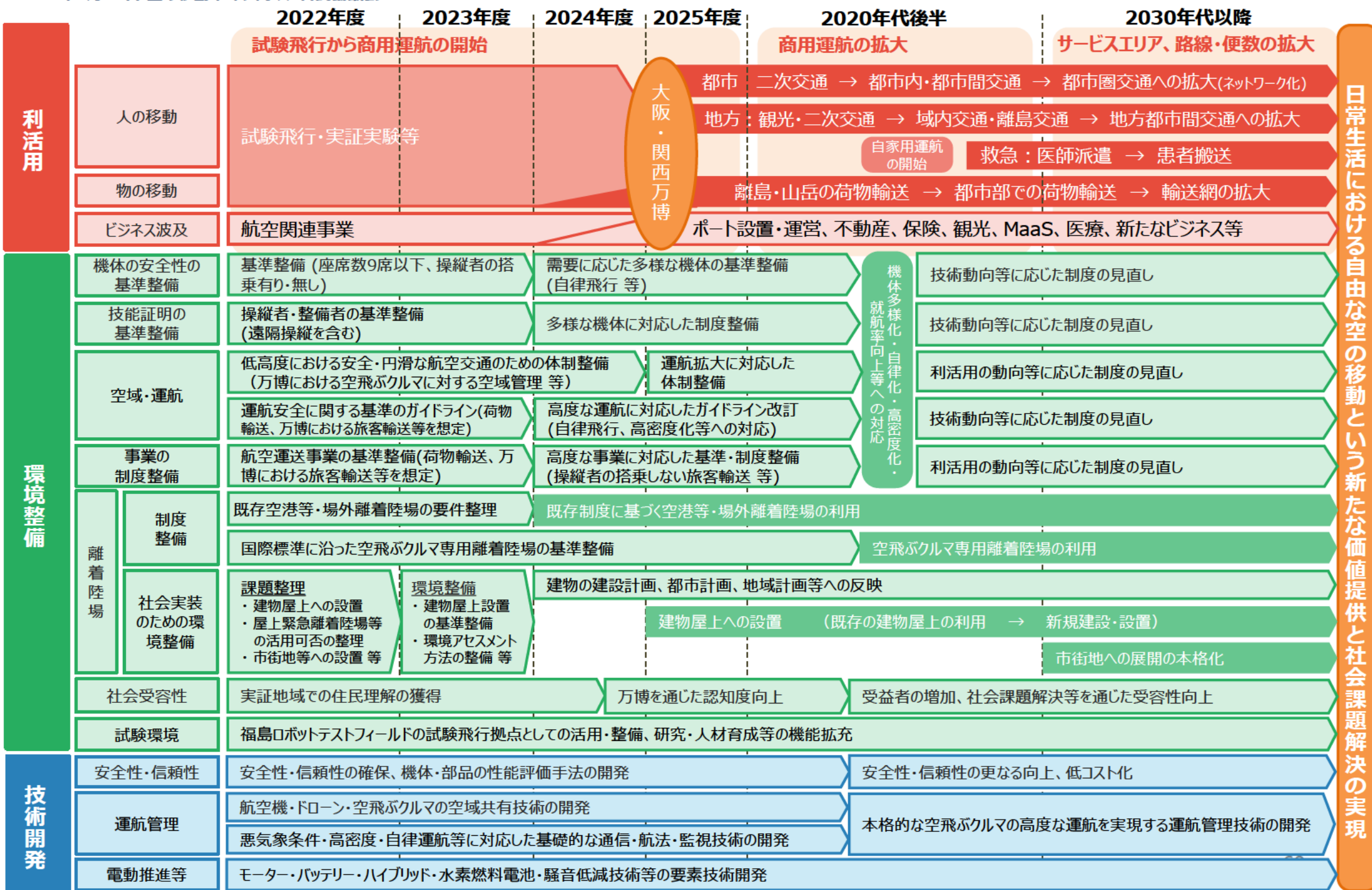
本節では、2.1～2.3までの調査内容、および官民協議会等での議論を受けたロードマップの改訂案を示す。

- 空の移動革命に向けたロードマップ(改訂案)

空の移動革命に向けたロードマップ(改訂案)

2022年3月18日 空の移動革命に向けた官民協議会

このロードマップは、いわゆる“空飛ぶクルマ”、電動・垂直離着陸型・自動操縦の航空機などによる身近で手軽な空の移動手段の実現が、都市や地方における課題の解決につながる可能性に着目し、官民が取り組んでいくべき技術開発や制度整備等についてまとめたものである。



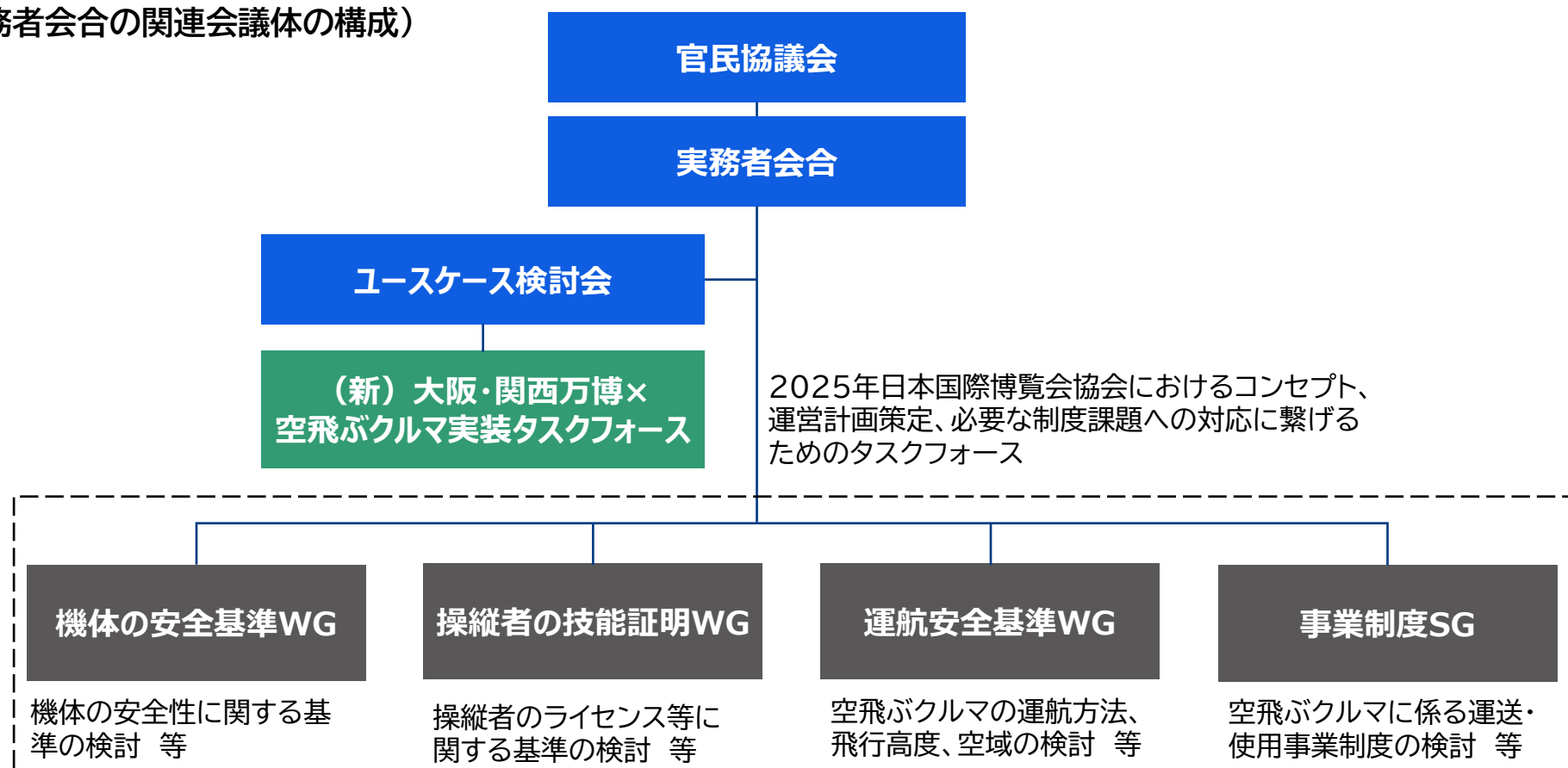
日常生活における自由な空の移動という新たな価値提供と社会課題解決の実現

3.「大阪万博×空飛ぶクルマ実装タスクフォース」の 開催

「大阪万博×空飛ぶクルマ実装タスクフォース」の概要

- 2025年日本国際博覧会協会におけるコンセプト、運営計画策定、必要な制度課題への対応に繋げるためのタスクフォース「大阪万博×空飛ぶクルマ実装タスクフォース」(以下、「万博TF」という。)がユースケース検討会の下に設置されている。同会合では、大阪・関西万博での空飛ぶクルマの活用構想を官民協議会事業者(有志)から聴取した上で、会場におけるポートの整備や運航ルールの設定等についてより具体的な議論を行った。

(実務者会合の関連会議体の構成)



万博TFの実施状況

● 万博TFの実施状況は以下の通り

会議体	回次	日時	主な議題
大阪万博×空飛ぶクルマ実装タスクフォース	第1回	2021年7月7日(水) 10:00～	(1) ユースケース検討会検討状況について (2) タスクフォースの趣旨等の説明 (3) 大阪・関西万博の基本計画と空飛ぶクルマ活用の検討状況の共有 (4) 大阪ラウンドテーブルについて (5) 意見交換
	第2回	2021年9月27日(月) 10:00～12:00	(1) 構成員プレゼンテーション(主に、機体メーカーおよび運航関連事業者を中心に選定) ・ SkyDrive ・ ANAホールディング ・ 日本航空 ・ テトラ・アビエーション ・ NEXTAAコンソーシアム ・ NEC (2) 検討課題の整理 (3) 議論
	第3回	2021年10月29日(金) 13:00～15:30	(1) 構成員プレゼンテーション(主に、ポート関連事業者を中心に選定) ・ エアモビリティ ・ エアロファシリティ ・ オリックス ・ 兼松 (2) 検討課題の整理(更新) (3) 議論
	第4回	2022年1月21日(金) 9:30～12:00	(1) プレゼンテーション ・ ソニック (2) 検討結果のまとめ (3) 議論
	第5回	2022年2月9日(水) 9:30～12:00	(1) 検討結果のまとめ (2) 全体議論

万博TF実施に係る事務作業

各会合の開催に当たり、以下の①～⑥の事務を実施した。

- ① 経済産業省、国土交通省及び参加者等との連絡調整
- ② WEB会議の手配
- ③ 議事次第、参加者名簿等の作成
- ④ 会議資料の作成・配布
- ⑤ 会議のファシリテート
- ⑥ 議事録の作成

各会合の配布資料及び議事録については、別添資料として添付する。

万博TFでの検討事項

- 万博TFでは、ユースケース検討会などの検討状況等を踏まえ、万博会場内における空飛ぶクルマの活用に向けた運航の絵姿及び課題、会場内外でのポート整備方針等を議論した。
- 各検討事項に対し、「万博で目指すべき絵姿と課題」、「基本的な要件と検討方針」、「絵姿実現のために解決すべき課題」を整理した。

<主な検討事項>

□ 運航

- 2地点間の旅客輸送や遊覧飛行(周回)などの運航形態
- 定期航空便等の周辺を運航する航空機や周辺住民への影響も考慮した飛行経路や頻度
- 飛行方式 など

□ 会場外ポート

- 会場外や空港内に設置する際の離着陸場の位置づけ
- 関係自治体(大阪府、大阪市等)との関係 など

□ 会場内ポート

- 電源設備や保安設備などの会場内ポートの必要機能
- ポート事業者及び運航事業者の役割、責任分担 など

運航の絵姿と課題(1/2)

<目指すべき絵姿>

会場周辺を中心とする「遊覧飛行」、会場と空港や大阪市内等を結ぶ「二地点間輸送」を実現する。環境アセスメントの範囲に収まる飛行経路・高度により、安全を確保しつつ、万博会場において1時間に20回程度の離発着を行うことを目指す。この際、周辺上空のヘリコプターや無人航空機とも調和した運用を目指す。

<基本的な要件と検討方針>

- 会場周辺の「遊覧飛行」、及び会場と空港、会場と大阪市内等を結ぶ「二地点間輸送」を、それぞれ最低1路線以上は実現するものとし、その他の路線を含め、具体的な飛行経路については、事業者決定後に協会と相談の上で設定する。
- 会場周辺における運航頻度は、ヘリコプターの環境アセスメントに基づき、万博会場において1時間に6回程度の離着陸を基本としつつ、機体の性能を考慮し、環境アセスメントの範囲内で可能な限り高頻度な運航が可能となるよう、飛行経路や高度を検討し、協会、航空局等関係機関と調整の上で決定する。
- 飛行経路の検討に当たっては、定期航空便等の周辺を運航する航空機や周辺住民への影響を考慮することとし、国土交通省や飛行経路周辺の自治体等と必要な調整を行う。
- 原則として耐空証明を取得済の機体を使用するものとする。但し、耐空証明を取得した機体を用意できる見込みが無くなった場合の対応については、事業者決定後に引き続き検討する。
- 飛行方式としては、有視界飛行方式による飛行を基本とし、機体の性能等を考慮し、より高い就航率が可能な方式を検討する。
- 運賃は、協会と調整の上、事業者が設定、徴収する。
 - 遊覧飛行：万博の催しものとして、過度な商業主義にならない程度に協会がBIE等と調整の上、方針を定める。
 - 二地点間輸送(会場外⇄会場内)：移動サービスとして、経路ごとに設定する。

<絵姿実現のために解決すべき課題>

- 安全対策等
 - 飛行経路に対し、リスクアセスメントや試験飛行等を通じ、緊急離着陸場所や救助体制等、必要な安全対策の検討が必要。
 - 当該運航に適用可能な保険の検討が必要。
- 交通管理
 - 航空交通管制圏・特別管制空域以外のエリアや会場周辺上空における交通管理の体制について検討が必要。具体的には、空飛ぶクルマの交通管理、他のVFR機や無人航空機との調整が必要。
 - 無人航空機について、会場内・会場外の無人航空機との調整に加え、不法運用の無人航空機への対策が必要。

運航の絵姿と課題(2/2)

- 現在検討・提案されている遊覧、2地点間輸送の路線は以下の通り。



出所) Open Street Map

図出所) 2025年日本国際博覧会基本計画

会場外ポート

<目指すべき絵姿>

利便性が高くかつ顧客ニーズがある場所に設置し、万博への来場者の交通手段として空飛ぶクルマを運用すると共に、万博後も継続して活用することで、新たな移動サービスとしての社会実装に繋げることを目指す。

<基本的な要件と検討方針>

- 大阪市内、万博会場周辺の空港等への設置を目指す。
- 航空法における空港等（ヘリポート等）や空港敷地内のヘリパッド、もしくは、航空法第79条ただし書きの許可を受けた場外離着陸場として設置、運用する。
- ポート設置に当たっては、万博後の継続利用や事業展開を念頭に、当該ポートの設置を希望する事業者が中心に設置の具体的な検討を進めると共に、関係者との調整を実施することとする。
- 空港内にポートを設置する場合、既存の定期航空便の運航を妨げない設置場所や運用方法を検討することが必要であり、空港運営者や国土交通省航空局と十分な調整を行うこととする。
- 大阪府・大阪市内等にポートを設置する場合には、環境基準値等をクリアするだけでなく、周辺住民の理解を得ることが重要であり、大阪府、大阪市等と連携しつつ、十分な調整を行うこととする。

<絵姿実現のために解決すべき課題>

- 万博会場及び空港以外に空飛ぶクルマのポートを設ける場合の基準や必要な設備については、今後も継続的に議論が必要。
- 万博後も会場外ポートを活用することを踏まえ、継続して需要を獲得するため、他交通手段との連携など、より経済的で便利な移動サービスとして利用されるよう引き続き検討が必要。

会場内ポート(1/2)

<目指すべき絵姿>

機体の機種が限定されず、各規制や基準に則し、旅客の安全を確保した上で運航数を最大化できる形を目指す。

<基本的な要件と検討方針>

- 万博期間限定での運用となることから、航空法第79条ただし書きの許可を受けた場外離着陸場として運用する。
- 各設備については下表をベースとし、ポート運営事業者が中心となって検討を行い、協会と運航事業者と協議の上決定する。
- 展示スペースの詳細については、事業者決定後に協会と相談の上で決定する。

電源設備	・ 使用機体の仕様、会場に供給可能な電力量に基づき決定
保安系設備	・ 1時間に20回程度の離着陸に対する乗員数を、時間内に検査できるだけの設備が必要
着陸帯	・ 1～2か所
エプロン	・ 5か所程度
離着陸管理施設(管制機能)	・ 会場に離着陸する空飛ぶクルマの管理を担う人員、施設が必要
通信・監視設備	・ <基本> VHF帯無線電話／<高度> 飛行エリア監視設備(飛行位置把握)、着陸誘導設備
安全対策設備	・ 標識、風向指示器、灯火(夜間飛行する場合)
待合ラウンジ	・ 40人/1時間 程度の収容スペース

会場内ポート(2/2)

< 基本的な要件と検討方針(続き) >

- 会場内ポートの運営に関し、ポート運営事業者と運航事業者の分担については、下表をベースとし、事業者決定後に協会と協議の上決定する。
- 光熱水費、通信費、廃棄物処理、火災保険・損害賠償保険の付保費用は事業者の負担とする。

		ポート運営事業者	運航事業者
事業者数(案)		1者	複数者
主な役割	設備	電源、保安、着陸帯、格納庫等の各種必要設備の設置・整備	格納庫の設置・整備
	運営	保安検査や待合ラウンジ等の運営	保安検査の運営
	旅客	—	旅客の乗降誘導、チケット対応
	機体	—	機体手配、整備等の実施
	運航	離着陸管理、ポート安全確保	操縦、運航管理の実施
	グラハン	—	機体のポート内移動の実施

< 絵姿実現のために解決すべき課題 >

- 設置基準、運用基準の整備
 - 航空法第79条ただし書きの許可を受けるにあたり、進入表面等の基準について、既存のヘリコプターとは異なる空飛ぶクルマ向けの基準に基づく許可が可能か検討が必要。
- 賠償責任等の分担
 - 保険等の手配、飛行に伴う賠償責任、搭乗者の補償、飛行以外の施設管理・業務に起因する賠償責任等の分担について整理が必要。
- 離着陸管理の体制
 - 会場に離着陸する空飛ぶクルマの管理を担う人員、施設等の具体的な体制については引き続き調整が必要。

未来を問い続け、変革を先駆ける

MRI 三菱総合研究所

二次利用未承諾リスト

報告書の題名 令和3年度製造基盤技術実態等
調査（空飛ぶクルマの実現に向けた技術開発及
び制度整備に関する調査）調査報告書

委託事業名 令和3年度製造基盤技術実態等調査（空飛ぶクルマの実現に向けた技術開発及び制度整備に関する調査）

受注事業者名 株式会社三菱総合研究所

[illegible]